

Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten

W. van Dijk
J.J. Schröder (Plant Research International)

© 2007 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 371; €

Projectnummer: 32 500 174 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

AGV

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

WOORD VOORAF	6
SAMENVATTING.....	7
EXECUTIVE SUMMARY	11
1 INLEIDING	14
1.1 Aanleiding	14
1.2 Doel en afbakening	15
1.3 Leeswijzer	16
2 MATERIAAL EN METHODEN	17
2.1 Rekenmodel	17
2.1.1 Relatie tussen N-aanbod en N-bodemoverschot	17
2.1.2 Relatie tussen N-bodemoverschot en nitraatconcentratie.....	20
2.2 Regio's	20
2.2.1 Bouwplansamenstelling	20
2.2.2 Verdeling droog/nat zand	21
2.3 Scenario's	22
2.3.1 Verdeling gebruiksruijnte	22
2.3.2 Gebruik dierlijke mest.....	23
3 RESULTATEN	25
3.1 Gewasniveau	25
3.2 Regioniveau.....	26
3.2.1 Basisscenario's (1-2)	26
3.2.2 Aanvullende scenario's	30
3.2.3 Differentiatie gebruiksnorm op basis van opbrengst.....	39
4 DISCUSSIE	41
5 CONCLUSIES	50
6 LITERATUUR.....	52

Woord vooraf

In opdracht van het Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is in 2007 een studie uitgevoerd waarin diverse scenario's zijn doorgerekend ten behoeve van de onderbouwing van de N-gebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond voor 2008 en 2009. Dit rapport beschrijft de resultaten van de studie.

Vanaf deze plaats willen we Jan Rinze van der Schoot (PPO), Anne Marie van Dam (PPO) en Henk van Reuler (PPO) bedanken voor het aanleveren van gewasgegevens, en Ton van Leeuwen (LEI) voor een inventarisatie van opbrengsten in de praktijk. Verder gaat een woord van dank uit naar de overige leden van de CDM-Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (CDM-WOG) voor het kritisch beoordelen van concepten.

De auteurs

Samenvatting

Met ingang van 1 januari 2006 bracht Nederland haar wetgeving aangaande het gebruik van meststoffen in overeenstemming met de Europese Nitraatrichtlijn. Dit gebeurde onder meer door het definiëren van zogenaamde gewasspecifieke gebruiksnormen. Dit zijn de maximale hoeveelheden (werkzame) stikstof (N) die jaarlijks gegeven mogen worden. Voor de akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond zijn deze gebruiksnormen voor de jaren 2006 en 2007 al wel vastgesteld, maar dit dient voor de jaren 2008 en 2009 alsnog te gebeuren. In opdracht van het Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is hiervoor in 2007 een studie uitgevoerd. Daarin is verkend op welk niveau gebruiksnormen, in afhankelijkheid van bepaalde uitgangspunten, zouden kunnen liggen. Bij teelten op zandgronden is het van belang om gebruiksnormen zo te kiezen dat de Europese doelstelling voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater (11,3 mg nitraat-N per liter = 50 mg nitraat per liter) in de toekomst niet overschreden wordt. Dit rapport beschrijft de resultaten van die studie.

Voor de genoemde verkenning is hetzelfde rekenmodel gebruikt als in 2005 voor de afleiding van de N-gebruiksnormen voor snijmaïs en grasland op zandgrond. Het model definieert eerst op basis van relaties tussen (kunst)mestgebruik en gewasafvoer, het N-bodemoverschot. Deze relaties zijn gebaseerd op een groot aantal bemestingsproeven. Het N-bodemoverschot is de hoeveelheid N die potentieel kan uitspoelen. Vanuit het bodemoverschot wordt vervolgens een relatie gedefinieerd met de nitraatconcentratie in de bovenste 100 cm van het grondwater. Hiervoor worden uitspoelingsfracties gebruikt die ontleend zijn aan het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM). De uitspoelingsfractie geeft aan welk deel van het N-bodemoverschot daadwerkelijk uitspoelt naar het bovenste grondwater. Deze fractie blijkt groter te zijn op droge zandgronden dan op natte zandgronden.

Met het genoemde model zijn om te beginnen N-gebruiksnormen berekend waarmee op *gewasniveau* voldaan wordt aan de Europese nitraatnorm. Daarnaast zijn gebruiksnormen afgeleid, waarmee de genoemde nitraatnorm op *regioniveau* wordt gerealiseerd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de mogelijkheid dat gewassen elkaar kunnen compenseren. Gewassen waarbij bij bemesting volgens het landbouwkundig advies (het bemestingsadvies is de maximale gebruiksnorm) de nitraatnorm wordt overschreden (o.a. graan), bieden de mogelijkheid om bij andere (uitspoelingsgevoelige) gewassen een overschrijding toe te staan. Gemiddeld op regioniveau voldoet de nitraatconcentratie dan nog steeds aan de Europese norm. Bij een dergelijk regionale compensatie is bij uitspoelingsgevoelige gewassen een hogere gebruiksnorm mogelijk dan wanneer deze op gewasniveau wordt afgeleid.

Op basis van gegevens van Dienst Regelingen zijn ten behoeve van voornoemde scenario's een aantal regionale bouwplannen vastgesteld voor akker- en tuinbouwgewassen. Hiertoe zijn drie zandregio's onderscheiden, namelijk noordelijk zand (Noord: Groningen, Friesland en Drenthe), centraal-oostelijk zand (Midden: Gelderland, Overijssel en Utrecht) en zuidelijk zand (Zuid: Noord-Brabant en Limburg). Daarnaast is het lössgebied als aparte regio meegenomen en zijn ook berekeningen uitgevoerd voor het totale areaal zand. Zoals aangegeven spoelt N op droge zandgronden gemakkelijker uit dan op natte zandgronden. Voor de precieze verdeling van droog en nat zand binnen regio's is eveneens gebruik gemaakt van gegevens van Dienst Regelingen. Er zijn vervolgens berekeningen uitgevoerd met gebruiksniveaus van dierlijke mest (varkensdrijfmest) oplopend van 0 tot 135 kg N-totaal per ha.

Bij de berekeningen is onderscheid gemaakt tussen wel en niet-uitspoelingsgevoelige gewassen. Een uitspoelingsgevoelig gewas is hierbij gedefinieerd als een gewas, waarbij bij bemesting volgens advies de nitraatnorm wordt overschreden. Er is gebruikt gemaakt van de indeling zoals die in 2005 wettelijk is vastgesteld.

Uit de verkenning blijkt dat met de gebruiksnormen zoals vastgesteld voor het jaar 2006 in de regel nog niet kan worden voldaan aan de Europese nitraatnorm. Dat betekent dat er kortingen op die gebruiksnorm nodig zijn. Indien op *gewasniveau* voldaan moet worden aan de nitraatnorm, loopt de benodigde korting op het niveau van individuele akker- en tuinbouwgewassen uiteen van 0 tot 90% ten opzichte van de gebruiksnorm die in 2006 gold. Op lössgrond is de korting hoger dan op zandgrond, vanwege het hogere aandeel gronden met een diepere grondwaterstand. Binnen het zandgebied is de korting het hoogst in de

regio Zuid vooral vanwege de hogere N-depositie en N-levering via gewasresten. De verschillen in verhouding tussen droog en nat zand in de zandregio's zijn gering.

Vervolgens zijn diverse scenario's doorgerekend waarbij gebruik is gemaakt van regionale compensatie. In Tabel 1 zijn de resultaten samengevat.

Om op regioniveau te voldoen aan de nitraatnorm, bedraagt de benodigde korting op de N-gebruiksnorm 2006 van *uitspoelingsgevoelige* akker- en tuinbouwgewassen bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 100 kg N-totaal per ha, 23-54% voor zand en 67% voor löss. Bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 135 kg N-totaal per ha bedragen de kortingspercentages voor zand en löss respectievelijk 36-61% en 91%. Bij de hierboven genoemde varkensdrijfmestgiften (100 en 135 kg N-totaal per ha) en kortingspercentages is er sprake van fosfaatophoping (overschot bedraagt circa 15 en 40 kg P₂O₅ per ha voor zand en 5 en 30 kg P₂O₅ per ha voor löss bij de genoemde dierlijke mestniveaus). Wanneer wordt uitgegaan van een dierlijke mestgift die nog eens met 35 kg N verlaagd is tot 65 kg N per ha (welke in geval van varkensdrijfmest overeenstemt met een fosfaatanvoer die gemiddeld 5 kg lager is dan de fosfaatafvoer van het zandbouwplan van circa 45 kg P₂O₅ per ha), is de benodigde korting lager, te weten 11-41% voor zand en 46% voor löss, als alleen de uitspoelingsgevoelige gewassen gekort zouden worden.

Tabel 1. Samenvatting doorgerekende scenario's: benodigde korting (%) op de gebruiksnorm 2006 om op regioniveau in zand- en lössgebieden te voldoen aan de nitraatnorm (ranges bij 'Zand' duiden op verschillen tussen zandregio's).

Omschrijving scenario ¹	N dierlijke mest (kg/ha)	Korten bij ^{1,2} :				Korting op gebruiksnorm 2006(%)	
		AT, gevoelig	AT, niet gevoelig	Snijmaïs	Gras	Zand	Löss
Alleen gevoelige AT-gewassen korten	65	Ja	Nee	Nee	Nee	11-41	46
	100	Ja	Nee	Nee	Nee	23-54	67
	135	Ja	Nee	Nee	Nee	36-61	91
Idem + recyclen alle gewasresten	100	Ja	Nee	Nee	Nee	11-41	50
Idem + wettelijke N-werking dierlijke mest 70%	100	Ja	Nee	Nee	Nee	16-47	56
Alle AT-gewassen korten	100	Ja	Ja	Nee	Nee	19-44	32
Idem + combinatie maatregelen ³	65	Ja	Ja	Nee	Nee	0-18	10
	100	Ja	Ja	Nee	Nee	3-26	17
Idem + snijmaïs korten	100	Ja	Ja	Ja	Nee	7-26	30
Idem + snijmaïs + grasland (-20%) korten	100	Ja	Ja	Ja	Ja	0-19	31
Ruimere nitraatdoelstelling							
- +10% (12,4 mg nitraat-N/55 mg nitraat per liter)	100	Ja	Nee	Nee	Nee	16-46	56
- +20% (13,6 mg nitraat-N/60 mg nitraat per liter)	100	Ja	Nee	Nee	Nee	8-37	44

1 AT = akker- en tuinbouwgewassen

2 gevoelig = uitspoelingsgevoelige gewassen

3 recyclen van alle gewasresten + wettelijke N-werking dierlijke mest 70% in plaats van 60% + wintergewassen daar waar mogelijk

Met efficiëntieverhogende maatregelen kan de benodigde korting worden verminderd. Door alle verwijderbare gewasresten te recyclen (afvoeren, composteren en in het volgend voorjaar opnieuw als meststof toedienen) wordt het bodemoverschot verlaagd en de beschikbaarheid van de hierin aanwezige N voor opname door volgteelten verhoogd en kan de korting met maximaal 12-17% (absoluut) worden verlaagd. Het effect wordt, vanwege het relatief hoge bouwplanaandeel, vooral bepaald door het verwijderen van de gewasresten van suikerbieten en aardappelen. Wel moet worden benadrukt dat op dit moment het verwijderen van gewasresten bij veel gewassen technisch nog niet te realiseren is. Door de aan varkensdrijfmest toegekende N werking te verhogen van de wettelijke 60% naar een meer realistische 70%, kan de benodigde korting met 7-11% (absoluut) beperkt worden. Een vergelijkbaar effect wordt bereikt indien bij een wettelijke N-werking van 60% een landbouwkundige N-werking van 80% zou

kunnen worden bereikt (bijvoorbeeld door mestbewerking).

Nateelten in de vorm van zogenaamde wintergewassen kunnen N in principe voor uitspoeling behoeden. Toch blijkt het effect van een wintergewas op de benodigde korting gering omdat er in de bouwplannen weinig ruimte is voor vroeg gezaaide vanggewassen.

Voor genoemde kortingspercentages hebben betrekking op *uitspoelingsgevoelige* gewassoorten. De benodigde korting op de gebruiksnorm 2006 kan worden beperkt door behalve de *uitspoelingsgevoelige*, ook de *niet-uitspoelingsgevoelige* gewassoorten mee te korten. In dat geval zijn bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 100 kg N-totaal per ha geringere kortingen nodig, te weten 19-44% voor zand en 32% voor löss.

Door deze kortingsvariant te combineren met meerdere maatregelen (recyclen van gewasresten, hogere wettelijke N-werking van drijfmest en daar waar mogelijk een wintergewas te telen) zouden de kortingen op de gebruiksnorm 2006 van zowel uitspoelingsgevoelige als niet-uitspoelingsgevoelige gewassen bij een dierlijke mestgift van 100 kg N-totaal per ha, beperkt kunnen blijven tot 3-26% voor zand en 17% voor löss. Bij beperking van de dierlijke mestgift tot 65 kg N-totaal per ha, zou de benodigde korting 0-18% bedragen.

In de onderzochte regio's komen niet alleen akker- en tuinbouwgewassen voor maar ook ruwvoedergewassen zoals snijmaïs en gras. In de studie is nagegaan of de korting op uitspoelingsgevoelige en niet-uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen beperkt kan worden door deze ruwvoedergewassen te betrekken in vraag hoe de nitraatnorm op het nivo van de regio als geheel gerealiseerd kan worden. Daarbij is opnieuw gebruik gemaakt van gegevens aangaande arealen en grondsoorten van Dienst Regelingen. Door in de regio's snijmaïs in dezelfde mate als akker- en tuinbouwgewassen (inclusief de niet-uitspoelingsgevoelige) mee te korten, zou bij een dierlijke mestgift van 100 kg N-totaal per ha op akker- en tuinbouwgewassen, een korting nodig zijn van 7-26% voor zand en 30% voor löss, terwijl de kortingspercentages 19-44% voor zand en 32% voor löss bedroegen in het scenario waarin snijmaïs niet wordt meegekort.

Het tevens meekorten van de gebruiksnorm voor grasland met 10% ten opzichte van 2006 blijkt weinig effect te hebben op de benodigde korting voor akker- en tuinbouwgewassen. Dat komt omdat de graslandgebruiksnorm zich dan ongeveer op het voorziene niveau van 2009 bevindt, met welk niveau net voldaan wordt aan de nitraatnorm. Het grasareaal levert dan geen extra compensatieruimte voor de akker- en tuinbouwgewassen. Een korting van de graslandgebruiksnorm met 20% biedt wel extra ruimte. Gemiddeld over alle zandgrond tezamen kan dan worden volstaan met een korting van 0-19%. Op lössgrond is echter een nog sterkere korting van de graslandgebruiksnorm nodig om kortingen op akker- en tuinbouwgewassen en maïs te kunnen beperken.

Indien de te realiseren nitraatconcentratie zou worden verhoogd met 10% (12,4 mg N per liter), dan bedraagt de benodigde korting van de gebruiksnorm van uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen bij een dierlijke mestgift van 100 kg N-totaal per ha 16-46% voor zand en 56% voor löss. Bij een 20% hogere nitraatdoelstelling (13,6 mg N per liter) loopt de korting uiteen van 8-37% voor zand en 44% voor löss. Zonder verruiming van de nitraatnorm zouden de kortingen, zoals hiervoor aangegeven, 23-54% en 67% hebben bedragen voor respectievelijk zand en löss.

In de studie is ook een verkenning uitgevoerd naar het effect van het opbrengstniveau op de toegestane gebruiksnorm. Uit een analyse van opbrengstgegevens van LEI-BIN-bedrijven bleek dat bij 20% van alle opbrengstwaarnemingen de opbrengst ruim 20% hoger was dan het gemiddelde van alle waarnemingen. Bij de overige 80% van de waarnemingen was de opbrengst gemiddeld circa 5% lager. Op zandgrond zou bij een dierlijke mestgift van 100 kg N-totaal per ha, de korting op de gebruiksnorm voor uitspoelingsgevoelige gewassen bij een ruim 20% hogere opbrengst dan gemiddeld, 0-28% bedragen, aannemende dat de N-afvoer evenredig met de opbrengst stijgt. Deze korting is lager dan de korting van 23-54% die nodig is bij een gemiddelde opbrengst. Als op deze bedrijven een hogere gebruiksnorm zou worden toegestaan, zou om de nitraatnorm op regioniveau niet alsnog te overschrijden, op bedrijven met een lagere opbrengst (5% lager op 80% van de bedrijven) tegelijkertijd een hogere korting gehanteerd moeten worden (27-60%). De benodigde korting is dus relatief gevoelig voor het opbrengstniveau. Verder zij hiermee aangegeven dat differentiatie altijd in twee richtingen werkt: wat het ene gewas, perceel of bedrijf aan extra ruimte voor N

gebruik ontvangt, gaat er bij het andere gewas, perceel of bedrijf af om gemiddeld weer op de verlangde milieukwaliteit uit te komen.

De studie maakt duidelijk dat, om het bovenste grondwater onder bouwland aan de Europese nitraatnorm te laten voldoen, uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen met veel minder N bemest zouden moeten worden dan toegestaan volgens de N-gebruiksnorm die in 2006 gold. De benodigde korting van deze gebruiksnorm kan worden beperkt door ook niet-uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen mee te korten. De korting kan verder worden beperkt door alle gewasresten te recyclen of door de (wettelijke) N-werking van dierlijke mest te verhogen. Een alternatieve beperking van de korting is mogelijk door ook de N-gebruiksnorm van de gewassen snijmaïs en gras te verlagen. Bepalend voor uiteindelijke keuzen is het antwoord op de vraag op welke ruimtelijke schaal aan de milieunormen voldaan moet worden.

Executive summary

Crop-specific nitrogen (N) application standards have been introduced in The Netherlands to comply with the requirements of the European Nitrates Directive. Definitive numbers for these standards have, as yet, not been defined for the years 2008 and 2009 for arable and horticultural crops grown on sandy soils and on loess soils. On request of the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality (LNV), an explorative study has been executed to find out which level of N application standards for these crops and soils is in an eventual equilibrium situation associated with a nitrate-N concentration of 11.3 mg per litre in the upper 100 cm groundwater.

The study is carried out with a model similar to the one that has been used for the derivation of N application standards for grassland and silage maize. The model includes crop type specific relationships between the use of mineral and organic fertilizers and the soil N surplus, which are based on a large number of field trials. The soil N surplus equals the amount of N that is potentially leached. The model also includes soil type specific relationships between this soil N surplus and the nitrate concentration in the upper 100 cm groundwater, as derived from a national monitoring network situated on commercial arable farms. The results from this network indicate that the fraction of the soil N surplus that is actually lost to groundwater, is highest on deeply drained sandy soils.

The model has been used to calculate which N application standards would be needed to comply with the nitrate concentration target at the level of individual fields (crops) or at the level of pooled fields on a regional scale. In the latter case fields associated with (too) high nitrate concentrations, are compensated for by fields associated with low nitrate concentrations. Required data on crop frequencies and soil types (wet versus deeply drained) were provided by LNV for sandy soils in the Northern region, the Central region and the Southern region, and for loess soils in the Southeastern part of The Netherlands. The model was run for manure application levels (pig slurry) ranging from 0 to 135 kg total N per ha per year.

The calculations indicate that the preliminary N application standards as defined for the year 2006, are too high to achieve the required nitrate concentration. This implies that cuts of these standards are needed. If these cuts are to be applied to leaching *sensitive* crops only (i.e. crop species under which the recommended N application rate would, according to earlier studies, lead to violation of the 11.3 mg per litre nitrate-N target on dry sandy soils), the cutting percentage (relative to the level of the 2006 N application standards) would range from 0 to 90% in individual crops. Required cuts are highest in the loess region due to the preponderance of deeply drained soils and in the Southern sandy region due to the elevated deposition in that region and a relatively large share of untimely mineralizing crop residues. When compliance is evaluated at a regional level instead of the level of individual crops, cuts of the N application standards of leaching *sensitive* crops, with all crops annually receiving 100 kg manure-N per ha on average, can be restricted to 23-54% (sandy soils) and 67% (loess soils). If instead, on average, 135 kg manure-N per ha were to be applied to all crops, corresponding cuts would be 36-61% and 91%. The previous two pig slurry rates are associated with phosphate surpluses of 15 and 40 kg P₂O₅ per ha, respectively, on sandy soils and 5 and 30 kg P₂O₅ per ha, respectively, on loess soils. If manure application rates would be reduced by another 35 kg N to a level of 65 kg manure-N per ha (a level which is in case of pig slurry associated with phosphate inputs that are on average 5 kg below the phosphate export of approximately 45 kg P₂O₅ per ha of these sandy soils rotations), cuts can be limited to 11-41% on sandy soils and 46% on loess soils (Table 1).

The model calculations also shows that cuts can be reduced by 12-17% (absolute) when removable crop residues are recycled (harvested, composted and returned to the field in the next spring). The effect is mainly caused by removing the crop residues of sugar beets and potatoes, both crops having a relatively large share in the crop rotation. However, at present it is as yet technically impossible to remove all crop residues. An adjustment of the present legally established N fertilizer replacement value for pig slurry of 60% to a more realistic 70%, could reduce the required cut by 7-11% (absolute) as well. Similar effects are obtained if the N fertilizer replacement value of pig slurry would be increased from the present 70% to 80%.

for instance, by processing the manure. The contribution of cover cropping, however, is limited, as current crop rotations have little room for the required early establishment of these covers.

Table 1. **Summary of model outcomes: required cut (%) of the N application standard 2006 to achieve a nitrate concentration in the upper groundwater of 11.3 mg nitrate-N per litre at a regional scale on sandy and loess soils (ranges shown for 'Sandy' refer to differences between separate regions).**

Scenario ¹	Total N in manure (kg/ha)	Cuts applied to ^{1,2} :				Cuts (%)	
		AH, sensitive	AH, insensitive	Silage maize	Grass	Sandy	Loess
If only sensitive AH crops are cut	65	Ja	No	No	No	11-41	46
	100	Ja	No	No	No	23-54	67
	135	Ja	No	No	No	36-61	91
Idem + recycling crop residues	100	Yes	No	No	No	11-41	50
Idem + increased N replacement value of pig slurry	100	Yes	No	No	No	16-47	56
If all AH crops are cut Idem + combined measures	100	Yes	Yes	No	No	19-44	32
	65	Yes	Yes	No	No	0-18	10
	100	Yes	Yes	No	No	3-26	17
Idem + silage maize cut too	100	Yes	Yes	Yes	No	7-26	30
Idem + silage maize cut too and grassland cut by 20%	100	Yes	Yes	Yes	Yes	0-19	31
Enlargement of nitrate target							
- +10% (12,4 mg nitrate-N/ 55 mg nitrate per litre)	100	Yes	No	No	No	16-46	56
- +20% (13,6 mg nitrate-N/ 60 mg nitrate per litre)	100	Yes	No	No	No	8-37	44

1 AH = arable and horticultural crops

2 sensitive = leaching sensitive crops

3 recycling crop residues + legally established N fertilizer replacement value of pig slurry 70% instead of 60% + cover crops

Cutting percentages reported so far, refer to leaching *sensitive* crops. The required cuts can be limited if the N application standards (as defined for 2006) of leaching *insensitive* crops are cut too. In that case cuts can be restricted to 19-44% for sandy soils and 32% for loess soils, when combined with an annual manure application level of 100 kg total N per ha to all crops. If combined with additional measures (recycling of crop residues, increased N fertilizer replacement value of pig slurry, cover cropping wherever possible), cuts can be further reduced to 3-26% for sandy soils and 17% for loess soils. If annual manure rates would be limited to 65 kg total N per ha, cuts of 0-18% would be required.

In the regions under study, forage crops such as silage maize and grassland are grown next to arable and horticultural crops. The present study also explores to what extent cuts on arable and horticultural crops can be avoided by including the realized nitrate concentration under forage crops. The required data concerning hectarages and soil types of these crops were also provided by LNV. A simultaneous cut of the N application standards for arable and horticultural crops (leaching *sensitive* and leaching *insensitive* types, in combination with an annual manure rate of 100 kg total N per ha on them) and silage maize together, would require cuts of 7-26% for sandy soils and 30% for loess soils, as compared to cuts of 19-44% and 32%, respectively, without the inclusion of silage maize. Inclusion of grassland of which the application standard were to be cut by 10%, has little effect on the required cuts for the other crops in the region. The reason for this is that a 10% cut on the grassland N application standard is in itself needed (and legally foreseen) to make grassland comply with the nitrate concentration target. As such, grassland creates no additional room for the other crops. If the N application standard for grassland would be cut by 20%, however, a cut of 0-19% would suffice for the other crops grown on sandy soils. On loess soils a larger cut on the N application standard of grassland would be needed to allow reduced cuts for crops other than grassland.

If the targeted nitrate concentration would be enlarged by 10% (so, 12.4 instead of 11.3 mg nitrate-N per litre), the required cut of the N application standard of leaching *sensitive* crops would be 16-46% for sandy soils and 56% for loess soils, when combined with an annual manure application rate of 100 kg total N per ha to all crops. A 20% enlargement (so 13.6 instead of 11.3 mg nitrate-N per litre) would reduce the required cut to 8-37% and 44%, respectively, as compared to a corresponding 23-54% (sandy soils) and 67% (loess soils) without enlargement of targets.

An analysis of crop yields on commercial farms on sandy soils shows that yields are, on average, 20% larger in 20% of the cases. In the remaining 80% of the cases yields are, on average, 5% smaller. If one assumes that yield levels correspond with N export levels, a cut of the N application standards of leaching *sensitive* crops by 0-28% would suffice in 20% of the cases. To assure compliance at the scale of regionally pooled sandy soils, a cut of 27-60% (instead of the 23-54% applicable to the population as a whole) was calculated for the remaining 80%.

The study reveals that leaching *sensitive* crop species should receive less N than the amounts permitted by the N application standards defined for 2006, to render nitrate concentration in the upper groundwater below 11.3 mg nitrate-N per litre. The required reduction of N application standards can be limited by cutting the application standards of leaching *insensitive* crops too. These required cuts can be further reduced by crop residue recycling and by adopting higher N fertilizer replacement values for manures. A reduction of cuts can also be brought about by a simultaneous downward adjustment of the application standards of silage maize and grassland. Final decisions depend on choices concerning the spatial scale at which targets concerning nitrate concentrations are to be achieved.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De omgevingskwaliteit moet op een gewenst peil gebracht en gehouden worden. De concentraties van stikstof (N) in grond- en oppervlaktewater onder en nabij landbouwgebieden maakt daar deel van uit. Deze concentraties voldoen in Nederland nog niet aan Europese standaard van 11,3 mg nitraat-N per liter (De Klijne et al., 2007), zoals verwoord in de Nitraatrichtlijn (Anonymus, 1991). Lidstaten zijn gehouden Actieprogramma's met maatregelen te formuleren om de verlangde concentratie te realiseren. Met ingang van 1 januari 2006 bracht Nederland haar wetgeving aangaande het gebruik van meststoffen in overeenstemming met die Europese Nitraatrichtlijn. Dit hield onder meer in dat gebruiksnormen voor (werkzame) N moesten worden gedefinieerd voor de duur van het vigerende Actieprogramma 2006-2009. Dit is voor alle gewassen, grondsoorten en opeenvolgende jaren gebeurd, met uitzondering van de akker- en tuinbouwgewassen voor de jaren 2008 en 2009 voor zover deze geteeld worden op zand- en lössgrond. In opdracht van het Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is in 2007 een studie uitgevoerd om ook voor genoemde gewas-grondsoortcombinaties scenario's van gebruiksnormen door te rekenen. Dit rapport beschrijft de resultaten van die berekeningen. Het ministerie van LNV kan mede op basis van deze resultaten de gebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond vaststellen.

De EU Nitraatrichtlijn verlangt dat bij het gebruik van meststoffen nadrukkelijk rekening gehouden wordt met alle N-bronnen die een gewas ter beschikking staan of gesteld worden. Overweging hierbij is dat een te hoog N aanbod het grond- en oppervlaktewater kan belasten. Ook als het aanbod de gewasbehoefte niet overschrijdt, nemen gewassen toch niet alle beschikbare N volledig op. Los daarvan wordt niet alle opgenomen N ook daadwerkelijk afgevoerd in de te oogsten producten; er blijven gewasresten achter op het veld. Als gevolg daarvan bestaat er in de regel een verschil tussen het aanbod en de afvoer: het N-overschot. Het verschil tussen aanvoer en afvoer hangt af van de mate waarin de N uit diverse bronnen beschikbaar is voor opname door het gewas (de werkingscoëfficiënten) en van gewaseigenschappen, te weten het vermogen N uit de bodem te onderscheppen en de intrinsieke eigenschap om deze N niet in gewasresten maar in oogstbare delen te investeren.

Niet alle N uit het N-overschot spoelt uit naar het grond- en oppervlaktewater. Een deel van het overschot wordt vastgelegd in de organische stof van de bodem en komt in de daaropvolgende jaren weer vrij (N_{min} voorjaar, de N in gewasresten, de N-nawerking van organische mest). Ook gaat een deel van het N-overschot naar de lucht verloren. Dit geldt voor de N die bij toediening van organische mest en kunstmest vervluchtigt en voor de N die, vóór zij het grond- en oppervlaktewater bereikt, via denitrificatie in gasvormige verbindingen (N₂, N₂O, NO_x) wordt omgezet. Om een juist beeld van de uiteindelijke belasting van grond- en oppervlaktewater te krijgen moet het N-overschot dus via voornoemde correcties worden bewerkt tot een N-vracht die uiteindelijk het grond- of oppervlaktewater bereikt.

Het risico op N-uitspoeling uit bouwland met akker- en tuinbouwgewassen naar het grond- en oppervlaktewater is relatief hoog. Oorzaken hiervoor zijn de volgende:

- Akker- en tuinbouwgewassen hebben doorgaans een geringer vermogen om N uit de bodem te onderscheppen en in oogstbare delen te investeren dan grassen,
- Binnen de akker- en tuinbouwgewassen hebben niet-granen een lager vermogen om N op te nemen dan granen. Het aandeel van niet-granen is juist op Nederlandse zandgronden hoog,
- De bemesting van akker- en tuinbouwgewassen is in Nederland deels gebaseerd op dierlijke mest. Deze is zelfs bij een efficiënte toediening niet volledig opneembaar voor het gewas omdat een deel van de N pas vrijkomt buiten het opname seizoen van het gewas,
- Onder akker- en tuinbouwgewassen op zandgrond treedt vergeleken met grasland en vergeleken met klei- en veengrond een relatief geringe denitrificatie op. Binnen de zandgronden is de denitrificatie

bovendien geringer naarmate de zandgrond dieper ontwaterd is. Juist op die zandgronden worden akker- en tuinbouwgewassen geteeld omdat grasland bij voorkeur op de nattere zandgronden is gesitueerd. Als gevolg hiervan spoelt een groot deel van het N-overschot uit; onderzoek geeft aan dat met name onder droge zandgronden niet meer denitrificatie blijkt te zijn opgetreden naarmate dieper in het grondwater gemeten wordt (Fraters et al., 2006),

Met het voorgaande in gedachten dienen zich de volgende 'knoppen' aan om het grondwater onder zandgrond alsnog aan de doelstelling te laten voldoen: het landgebruik, de gewaskeuze, de meststofkeuze, en het niveau van bemesting.

Dit rapport beperkt zich, conform de opdracht, met name tot de laatste twee 'knoppen'. In de hier besproken studie is nagegaan tot welk niveau de bemesting verlaagd moet worden om onder akker- en tuinbouwgewassen en onder regio's als geheel aan de nitraatdoelstelling van 11,3 mg nitraat-N per liter in het bovenste grondwater te voldoen.

In 2004 zijn door de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG) al voorstellen gedaan voor gebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond (Schröder et al., 2004). Er is aanleiding om de berekeningen ten behoeve van regelgeving opnieuw uit te voeren, omdat de toenmalige berekeningen betrekking hadden op:

- Individuele gewassen per afzonderlijke grondsoort. Indien ervan wordt uitgegaan dat op regioniveau aan de nitraatnorm mag worden voldaan, mag rekening worden gehouden met het feit dat de diverse aanwezige gewassen en grondsoorten elkaar kunnen compenseren. Zo zijn er gewassen (o.a. graan en peen) die boven het bemestingsadvies zouden mogen worden bemest uit oogpunt van de nitraatnorm. Omdat de gebruiksnorm het bemestingsadvies als maximum heeft, bieden binnen een bouwplan/regio laatstgenoemde gewassen compensatieruimte voor gewassen met een gebruiksnorm onder advies. Een eerste verkenning van een dergelijke gebiedsgerichte aanpak is beschreven in Van Dijk et al. (2005),
- Bemesting op basis van kunstmest-N, terwijl in de praktijk organische mest gebruikt wordt en behoefte bestaat de consequenties van een voortgezet gebruik van organische mest voor gebruiksnormen te becijferen,
- De veronderstelling dat bodems een standaardhoeveelheid N 'leveren' terwijl de hoeveelheid feitelijk afhangt van de aard van de gewassen (i.c. hun gewasresten) in een bouwplan en voornoemd gebruik van organische mest,
- Een lineaire relatie tussen het aanbod van nutriënten en de opname ervan in gewassen, terwijl deze relatie feitelijk kromlijinig is,
- Uitspoelingsfracties die gebaseerd zijn op een definitie en berekeningswijze van het N-overschot die inmiddels zijn aangepast door de werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen van de CDM,
- Uitspoelingsfracties die gebaseerd waren op de in 2004 beschikbare meetjaren van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM), terwijl in de afgelopen jaren aanvullende meetcampagnes zijn uitgevoerd die een gewijzigd beeld kunnen opleveren.

1.2 Doel en afbakening

Doel van de studie is het doorrekenen van verschillende scenario's van N-gebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond, waarmee voldaan wordt aan de norm van maximaal 11,3 mg nitraat-N per liter in het bovenste grondwater. Op basis van deze resultaten kan het ministerie van LNV N-gebruiksnormen afleiden voor akker- en tuinbouwgewassen.

Afbakening

- De onderhavige studie richt zich niet op de uitspoeling van N naar het oppervlaktewater.
- In onderhavige studie worden geen uitspraken gedaan over de N-gebruiksnormen voor duinzandgronden. In een onlangs uitgevoerde studie geven Velthof & Fraters (2007) aan dat de nitraatconcentratie in het grondwater van duinzand laag is, zodat gewassen in de duinzandregio volgens het bemestingsadvies (gebruiksnormen 2006) bemest kunnen worden.

- In de onderhavige studie worden ook geen uitspraken gedaan over de landbouwkundige (financiële) gevolgen van gebruiksnormen die onder het bemestingsadvies liggen. Daarvoor kan worden verwezen naar de resultaten van de studie die in 2006 is uitgevoerd naar de N-respons van akker- en tuinbouwgewassen (Van Dijk et al., 2007b). Ook wordt niet ingegaan op eventuele effecten op het organische stofgehalte van de bodem.
- Er wordt geen aandacht besteed aan uitvoeringstechnische aspecten zoals controleerbaarheid, handhaafbaarheid en haalbaarheid in de praktijk.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de aanpak beschreven. Dit betreft het gebruikte rekenmodel en de doorgerkende scenario's. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de resultaten gepresenteerd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de berekeningen op gewas- en regioniveau. Het rapport wordt afgesloten met een discussie (hoofdstuk 4) en de meest relevante conclusies (hoofdstuk 5).

2 Materiaal en methoden

2.1 Rekenmodel

Het vermogen van gewassen om aangeboden N in oogstbare delen op te nemen is niet volledig en aan een bovengrens gebonden. Dat betekent dat het N-overschot (het verschil tussen de hoeveelheid aangevoerde N en de hoeveelheid met het gewas afgevoerde N) stijgt met het N-aanbod. Dit N-overschot is sterk bepalend voor de uitstoot van N naar de omgeving (Isermann, 1993; Galloway, 1998; Carton & Jarvis, 2001, Rabalais, 2002). Ten behoeve van de berekening van de N-gebruiksnormen voor gras- en maïsland is een model ontwikkeld (Schröder et al., 2005) dat:

1. de relaties tussen (kunst)mestgebruik, gewasafvoer en bodemoverschot beschrijft (de mestbenuttingscoëfficiënten), en
2. de relatie tussen het bodemoverschot en nitraatconcentratie in het grondwater onder zandgronden beschrijft (de uitspoelingsfracties).

Een dergelijk model is ook in de onderhavige studie gebruikt. Relatie (1) gebruikt coëfficiënten van talrijke proeven (Van Dijk et al., 2007b; Van Dijk et al., 2004/2005). Deze proeven geven informatie over de factoren waaruit de mestbenuttingscoëfficiënten zijn opgebouwd, te weten de werkingscoëfficiënten van de gebruikte meststoffen, de gewasspecifieke opnamecoëfficiënten, en coëfficiënten die aangeven welk deel van de opgenomen nutriënten daadwerkelijk wordt afgevoerd.

Relatie (2) gebruikt coëfficiënten die ontleend worden aan het LMM (Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid). Het LMM is een lopend, landsdekkend netwerk van praktijkbedrijven waarvoor LEI de N-bodemoverschotten berekent en het RIVM de bijbehorende N-concentraties in het grondwater meet (<http://www.rivm.nl/milieuportaal/onderwerpen/water/meetnet-effecten-mestbeleid>). Uit eerder onderzoek blijkt dat de grondsoort (i.c. de grondwatertrap) sterk bepalend is voor de mate waarin het N bodemoverschot uiteindelijk als nitraat in het grondwater teruggevonden wordt.

Hieronder worden de beide relaties toegelicht.

2.1.1 Relatie tussen N-aanbod en N-bodemoverschot

Het N-bodemoverschot is gedefinieerd als het verschil tussen aanvoer en afvoer. Hierbij zijn overeenkomstig Schröder et al. (2005) de volgende aan- en afvoerposten meegenomen.

Aanvoer:

- organische mest
- kunstmest
- stikstofbinding door vlinderbloemigen
- atmosferische depositie
- *gewasresten*
- *nawerking organische mest*
- *minerale bodem-N in voorjaar (N_{min}, voorjaar)*

Afvoer:

- marktbaar product
- ammoniakemissie bij toediening van organische mest en kunstmest
- *gewasresten*
- *nawerking organische mest*
- *minerale bodem-N in (volgende) voorjaar*

De cursief gedrukte posten gewasresten, nawerking organische mest en $N_{min,voorjaar}$ zijn kruisposten en komen zowel aan de aan- als de afvoerzijde terug. Om een bepaalde aanvoer te realiseren moet er immers ook worden geïnvesteerd in nieuwe gewasresten, $N_{min,voorjaar}$ en nawerking van organische mest. Bij de berekeningen wordt uitgegaan van een evenwichtssituatie op het niveau van het bedrijf of de regio als geheel. Dit houdt in dat er geen sprake is van opbouw of afbouw van N in de bodem. In dat geval is de omvang van de genoemde posten gelijk aan zowel de aan- als afvoerzijde en vallen ze tegen elkaar weg. Voor de berekening van de N-opname in het marktbaar product zijn ze wel van belang (zie verderop in deze paragraaf).

Hieronder wordt aangegeven hoe de verschillende posten worden berekend.

Organische mest

De aanvoer via organische mest hangt af van de gehanteerde giften en de samenstelling. Voor de giften wordt verwezen naar paragraaf 2.3. Voor akker- en tuinbouwgewassen is gerekend met varkensdrijfmest. Voor scenario's waarin ook snijmaïs en grasland een rol spelen, is aangenomen dat deze ruwvoedergewassen met rundveedrijfmest zijn bemest. Daarbij is uitgegaan van de samenstellingen zoals weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1. **Samenstelling dierlijke mest (kg/ton) (Bron: Van Dijk & Van Geel, 2007).**

Mestsoort	N			P_2O_5
	NH_3-N	Norganisch	Ntotaal	
Varkensdrijfmest	4,2	3	7,2	4,2
Rundveedrijfmest	2,2	2,2	4,4	1,6

Kunstmest

Voor de berekening van de maximaal toegestane kunstmestgift, gegeven de gebruiksnorm voor werkzame N, wordt gebruik gemaakt van de wettelijke forfaitaire werkingscoëfficiënten van de gebruikte organische mest. Deze bedragen 60% voor varkens- en rundveedrijfmest.

N-binding vlinderbloemigen

Bij vlinderbloemigen is voor de N-binding uitgegaan van de waarden, zoals vermeld in Tabel 2.

Tabel 2. **Gehanteerde biologische N-binding door vlinderbloemigen (kg N per ha per jaar) (Schröder et al., 2004).**

Gewas	Binding
Doperwt	105
Tuinboon	130
Stamslaboon	0
Droge erwt	140
Luzerne	380

Atmosferische depositie

Er is uitgegaan van de regionale depositiewaarden zoals weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3. **Regionale waarden N-depositie (kg per ha per jaar) (Anonymus, 2004).**

Regio	Depositie (kg N per ha per jaar)
Zand, Noord	25
Zand, Midden	35
Zand, Zuid	38
Zand-totaal	32
Löss	36

Gewasresten

Er is uitgegaan van gewasspecifieke waarden zoals die ook worden gebruikt in het bedrijfsmodel MEBOT (Bijlage 1). Deze zijn gebaseerd op diverse bronnen (Smit., 1994; De Ruijter & Smit, 2007).

Nawerking organische mest

Dit betreft het deel van de organische N die op de langere termijn (na de eerste 12 maanden na toediening) vrijkomt. Voor de beschouwde dierlijke mestsoorten is uitgegaan van de waarden zoals weergegeven in Van Dijk et al. (2004) voor varkensdrijfmest en Schröder et al. (2007c) voor rundveedrijfmest.

N_{min},voorjaar

Er is uitgegaan van een waarde van 30 kg N per ha (0-60 cm) die ook gehanteerd is in eerdere studies (Schröder et al., 2004).

Afvoer met marktbaar product

De N-afvoer wordt bepaald door de respons van de N-opname in de oogstbare delen van de gewassen op de hoeveelheid werkzame N in diverse bronnen. De werkzame N is gedefinieerd als de voor gewasopname beschikbare N.

Werkzame N

Tabel 4 geeft aan welk deel van de N uit de diverse bronnen werkzaam wordt verondersteld. Bij de minerale N (NH₃-N) uit organische mest is uitgegaan van een ammoniakemissie bij toediening van 10% voor dunne mest (Van Dijk et al., 2004/2005). Bij kunstmest is een verlies van 1% gehanteerd (Velthof & Oenema, 1990). Voor de N-beschikbaarheid uit organische N uit organische mest (zowel eerstejaars als nawerking), N-binding via vlinderbloemigen en depositie wordt uitgegaan van een percentage van 60% zoals ook gebruikt in Schröder et al. (2005). Voor gewasresten is gerekend met een N-beschikbaarheid die op termijn (in een evenwichtssituatie) 40% bedraagt. Deze relatief lage N-werking van gewasresten is gebaseerd op de ervaring dat groenbemesters met een vergelijkbare samenstelling bij vernietiging in de herfst een lagere N-werking hebben dan bij vernietiging in het voorjaar (Schröder et al., 1992; Schröder et al., 1997; Van Dijk et al., 1995; Van Dijk & Van Geel, 2007). De N_{min},voorjaar wordt voor 100% beschikbaar verondersteld.

Tabel 4. **Relatieve N-beschikbaarheid diverse N-bronnen.**

Bron	Relatieve N-beschikbaarheid (%)
Organische mest	
- Minerale N (NH ₃ -N)	90
- Organische N (eerste jaars en nawerking)	60
Kunstmest	99
N-binding vlinderbloemigen	60
Gewasresten	40
Depositie	60
N _{min} ,voorjaar	100

Benutting werkzame N

Wanneer wordt bemest volgens advies wordt de afvoer met marktbaar product berekend door de standaardopbrengst te vermenigvuldigen met een forfaitair N-gehalte (Beukeboom, 1996). Bij de gewassen doperwt, broccoli, stamslaboon, korten, korrelmaïs, pootaardappel en tuinboon week het vermelde gehalte in genoemde publicatie sterk af van die van recente onderzoeksgegevens (Van der Schoot & van Dijk, 2000). In dat geval is gebruik gemaakt van laatstgenoemde gegevens. Wanneer geen informatie beschikbaar is, is het N-gehalte gebruikt van vergelijkbare gewassen. Bij de inschatting van het opbrengstniveaus is voor zandgrond gebruik gemaakt van Kwantitatieve Informatie (KWIN; De Wolf & van der Klooster, 2006). Voor löss geeft KWIN geen opbrengsten. Voor het inschatten van de opbrengsten is gebruikt gemaakt van een opbrengstanalyse die in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2007 is uitgevoerd (Van Dijk et al., 2007a). Hierbij is gekeken is naar verschillen in opbrengst tussen zand en löss. Alleen bij graan waren er duidelijk aanwijzingen dat de opbrengst op löss hoger was dan op zand. Besloten is om voor graan uit te gaan van de opbrengstniveaus, zoals vermeld in de zojuist genoemde analyse en

voor alle andere gewassen de opbrengstniveaus van zandgrond te gebruiken. De gehanteerde opbrengsten en N-gehalten staan vermeld in Bijlage 3.

Wanneer niet meer volgens advies kan worden bemest is een lagere N-opname ingerekend. Hierbij is zoveel mogelijk gebruikt gemaakt van gewasspecifieke responscurves zoals uitgewerkt in Van Dijk et al. (2007b). Deze curves zijn echter gebaseerd op werkzame N uit meststoffen als verklarende variabele. Om ze te kunnen gebruiken voor onderhavige studie zijn deze eerst gecorrigeerd voor de bijdrage van gewasresten, nawerking organische mest, depositie en N_{min}, voorjaar (hierna aangeduid als bodemlevering). In bijlage 4 is beschreven welke werkwijze hiervoor is gehanteerd. Daarnaast is aangegeven hoe is omgegaan met gewassen waarvoor geen responscurve beschikbaar was.

2.1.2 Relatie tussen N-bodemoverschot en nitraatconcentratie

De nitraatconcentratie wordt als volgt berekend. Van het N-bodemoverschot spoelt een bepaalde fractie uit (uitspoelingsfractie), afhankelijk van grondsoort en grondwatertrap (Gt) (Tabel 5). De aldus berekende N-vracht lost op in het neerslagoverschot waaruit de nitraatconcentratie volgt. De gebruikte uitspoelingsfracties zijn gebaseerd op metingen in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) (Fraters et al., 2007) en wel op basis van individuele jaren en gemiddelden over meerdere jaren. Voor bouwland waren totaal 11 meetjaren beschikbaar in de periode 1991-1992 tot 2004-2005. Niet in alle jaren waren voldoende data beschikbaar voor akkerbouwbedrijven op zandgrond, vandaar dat minder meetjaren beschikbaar zijn dan er jaren waren.

Tabel 5. **Van N-bodemoverschot naar nitraatconcentratie (mg/l) op zandgrond (Fraters et al., 2007).**

	Bouwland			Grasland		
	Gt IV	Gt VI	Gt VII	Gt IV	Gt VI	Gt VII
N-bodemoverschot (kg/ha)	103	63	53	155	105	89
Uitspoelingsfractie (kg/kg)	0,38	0,58	0,73	0,20	0,30	0,38
Neerslagoverschot (mm)	347	324	345	274	280	298
NO ₃ -N-concentratie (mg/l)	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3

De in Tabel 4 weergegeven uitspoelingsfracties gelden voor dekzand. Voor lössgrond kunnen vanwege het relatief geringe aantal lössbedrijven in LMM nog geen uitspoelingsfracties worden berekend. In deze studie wordt uitgegaan van een gemiddelde van de uitspoelingsfracties van zandgrond met Gt VI en VII (0,66 voor bouwland en 0,34 voor grasland) (Velthof & Fraters, 2007).

2.2 Regio's

Zoals reeds eerder aangegeven is de insteek bij de onderbouwing om maximaal gebruik te maken van compensatie binnen een regio. Hiertoe zijn drie zandregio's onderscheiden, namelijk noordelijk zand (Noord: Groningen, Friesland en Drenthe), centraal-oostelijk zand (Midden: Gelderland, Overijssel en Utrecht) en zuidelijk zand (Zuid: Noord-Brabant en Limburg). Daarnaast is het lössgebied als aparte regio meegenomen en zijn ook berekeningen uitgevoerd voor het totale areaal zand. Hieronder wordt ingegaan op de bouwplansamenstelling en de verdeling tussen droog en nat zand.

2.2.1 Bouwplansamenstelling

In Tabel 6 is zijn voor de verschillende regio's de arealen akker- en tuinbouw, snijmaïs en grasland weergegeven. Deze zijn gebaseerd op gegevens van Dienst Regelingen (DR). Het aandeel akker- en tuinbouwgewassen loopt uiteen van circa 10% in regio Midden tot 50% in het lössgebied.

Tabel 6. **Areaal akker- en tuinbouw, snijmaïs en grasland (ha's en aandeel in totaal cultuurland) in de verschillende regio's (Bron: DR, 2005).**

Regio	Akker-en tuinbouw		Snijmaïs		Gras	
	Absoluut (ha)	Aandeel (%)	Absoluut (ha)	Aandeel (%)	Absoluut (ha)	Aandeel (%)
Noord	99456	39	30675	12	123293	49
Midden	30850	11	71059	24	189340	65
Zuid	73542	34	58595	27	86910	40
Zand-totaal	203848	27	160329	21	399543	52
Löss	11357	52	2887	13	7599	35

Vervolgens zijn, mede op basis van DR-gegevens regionale bouwplannen samengesteld met de belangrijkste akker- en tuinbouwgewassen. DR maakt binnen de vollegrondsgroenten, bloembollen en boomteeltgewassen echter geen onderscheid tussen gewassen. Voor deze studie is dit wel van belang. Daarom is voor de onderverdeling binnen de genoemde gewasgroepen gebruik gemaakt van gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), waaruit voor de diverse regio's een relatieve areaalverdeling van de afzonderlijke gewassen binnen een (tuinbouw)gewasgroep is afgeleid. Vervolgens is op basis van de relatieve verdeling en het DR-areaal voor de gewasgroepen het absolute areaal van de afzonderlijke gewassen berekend.

In Bijlage 1 is de bouwplansamenstelling gegeven. Hierin is geen post overige gewassen opgenomen (2-4% in Noord en Midden en 10-11% in Zuid en Löss). Dit is gedaan omdat het bij de gehanteerde rekensystematiek lastig is te werken met een fictief gewas. Het betreffende areaal is niet verdeeld over de andere gewassen. Er is dus uitgegaan van een kleiner areaal akker- en tuinbouwgewassen.

In Tabel 7 is het aandeel van de belangrijkste gewas(groepen) weergegeven voor de verschillende regio's. Het bouwplan in Noord wordt gekenmerkt door een hoog aandeel (zetmeel)aardappelen en weinig tuinbouwgewassen. In Midden valt vooral het hoge aandeel graan op. Het bouwplan in Zuid kenmerkt zich door een hoog aandeel tuinbouwgewassen (vooral groenten en boomteeltgewassen). Verder valt op dat er in deze regio relatief veel korrelmaïs wordt geteeld. Het kan echter zijn dat een deel daarvan uiteindelijk als snijmaïs is geoogst (afhankelijk van de prijs van snijmaïs en de afrijpingsomstandigheden). Dit wordt echter niet meegenomen in de metingen van CBS. De lössregio kenmerkt zich door een hoog aandeel graan en suikerbieten. Er worden weinig tuinbouwgewassen geteeld.

Tabel 7. **Globale bouwplansamenstelling akker- en tuinbouw (%) regio's (Bron: DR, 2005).**

Gewas(groep)	Noord	Midden	Zuid	Zand, samen	Löss
Graan	31,1	37,5	12,9	25,6	46,2
Korrelmaïs	0,6	9,6	20,1	9,1	2,9
Aardappelen	43,5	27,8	17,6	31,9	14,9
Suikerbieten	17,2	9,0	14,2	14,9	27,4
Overige akkerbouwgewassen	2,3	3,6	4,6	3,2	2,7
Groenten	0,5	0,9	15,9	5,9	1,3
Bloembollen	1,1	2,7	1,9	1,6	0,0
Boomteelt	0,4	4,4	8,7	4,1	0,6
Braak	3,3	4,5	4,1	3,8	3,7

2.2.2 Verdeling droog/nat zand

Voor het berekenen van de N-gebruiksruimte is de Gt-verdeling van belang. Bij de door DR aangeleverde areaalgegevens is bij zand onderscheid gemaakt tussen niet en wel uitspoelingsgevoelige zandgronden (nat en droog). Binnen de akker- en tuinbouw zijn de verschillen tussen de regio's gering (Tabel 8). In de regio Noord is het aandeel droog zand het hoogst. Het aandeel droog zand is op het snijmaïs- en graslandareaal duidelijk lager dan op akker- en tuinbouwland. Alle lössgrond wordt door DR aangemerkt als uitspoelingsgevoelig.

DR heeft indertijd een niet nader gedocumenteerd besluit genomen over het aantal hectares zandgrond dat 'nat' dan wel 'droog' genoemd dient te worden. Aan natte zandgronden heeft de Werkgroep Onderbouwing

Gebruiksnormen in 2004 vervolgens de grondwatertrap IV (Gt IV) toegekend en aan droge zandgronden Gt VII, mede om te kunnen berekenen bij welke gewassen bemesting volgens advies tot overschrijding van de nitraatnorm van 11,3 mg per liter zou leiden (Schröder et al., 2004). Met voornoemde toekenningen van hectares en Gt's is ook in deze studie gerekend. In werkelijkheid zijn niet alle natte zandgronden precies een Gt IV en niet alle droge zandgronden precies een Gt VII. Zo bestaat er naast Gt VII een overigens klein areaal zeer droge Gt VIII. In de EMW 2007 zijn de aantallen hectares wel per Gt gedefinieerd. Uit de desbetreffende cijfers blijkt dat de Gt-areaal-gewogen uitspoelingsfractie van de geaggregeerde groepen 'Gt I tot en met Gt VI' (0,40) en 'Gt VII en Gt VIII' (0,77) redelijk goed overeenkomt met de in deze studie gehanteerde uitspoelingsfractie van, respectievelijk, Gt IV (0,38) en Gt VII (0,73). Zoals reeds eerder aangegeven wordt voor löss uitgegaan van het gemiddelde van de uitspoelingsfracties van zandgrond bij Gt VI en VII (zie ook 2.1.2).

Tabel 8. **Aandeel droog en nat (%) in de drie zandregio's en de lössregio (Bron: DR, 2005).**

Regio	Akker-en tuinbouw			Snijmaïs			Gras		
	Nat (Gt IV)	Matig Droog (GT VI)	Droog (Gt VII)	Nat (Gt IV)	Matig Droog (GT VI)	Droog (Gt VII)	Nat (Gt IV)	Matig Droog (GT VI)	Droog (Gt VII)
Noord	48	0	52	68	0	32	82	0	18
Midden	51	0	49	63	0	37	71	0	29
Zuid	50	0	50	65	0	35	70	0	30
Zand-totaal	49	0	51	61	0	39	73	0	27
Löss	0	50	50	0	50	50	0	50	50

2.3 Scenario's

2.3.1 Verdeling gebruiksruijnte

Eerst is per afzonderlijk gewas per regio doorgerekend wat de toelaatbare gebruiksnorm kan zijn. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met alleen kunstmest. Dit is gedaan omdat het gebruiksniveau van organische mest zowel binnen als tussen gewassen sterk kan variëren. De effecten van organische mest worden wel meegenomen in de berekeningen op regionaal niveau (zie hieronder).

Vervolgens is voor bovengenoemde regio's doorgerekend wat de toelaatbare gebruiksnorm kan zijn onder maximale gebruikmaking van het feit dat gewassen en grondsoorten elkaar kunnen compenseren. De toelaatbare gebruiksnorm is daarbij overeenkomstig de opdracht steeds uitgedrukt als het percentage waarmee de gebruiksnorm zoals die vaststond voor het jaar 2006, gekort dient te worden.

De korting op de (in 2006 gehanteerde) gebruiksnormen die nodig is om tot regionale doelrealisatie te komen, wordt niet gelijkmatig op alle gewassen toegepast. Er wordt, evenals bij de gebruiksnormstelling voor akker- en tuinbouwgewassen voor 2006/2007, onderscheid gemaakt tussen uitspoelingsgevoelige en niet-uitspoelingsgevoelige gewassen. Een uitspoelingsgevoelig gewas is hierbij gedefinieerd als een gewas, waarbij bij bemesting volgens advies de nitraatconcentratie van 50 mg per liter wordt overschreden. In Bijlage 1 is aangegeven of een gewas wel of niet-uitspoelingsgevoelig is. Belangrijke gevoelige gewassen zijn aardappelen, korrelmaïs, suikerbieten en veel vollegrondsgroente- en bloembolgewassen. Voorbeelden van niet-gevoelige gewassen zijn graangewassen, peen en boomteeltgewassen. Hoewel op basis van de recentste inzichten (gewasrespons, uitspoelingsfracties) de indeling van de gewassen in niet en wel uitspoelingsgevoelig niet geheel gelijk is aan die gehanteerd in de huidige wet, is uit oogpunt van consistentie toch uitgegaan van de laatstgenoemde indeling.

In Tabel 9 staan de basisscenario's die op aanwijzing van LNV in eerste instantie zijn doorgerekend. Bij scenario 1 worden de uitspoelingsgevoelige gewassen zo gekort dat voor elk gewas de uiteindelijke gebruiksnorm een gelijk percentage bedraagt van de gebruiksnorm in 2006 (zie ook kader op pagina 20). Bij scenario 2 is de kortingswijze voor gevoelige gewassen gelijk aan die in scenario 1, maar worden de niet-uitspoelingsgevoelige gewassen eveneens gekort met een percentage van respectievelijk 10 (A) en 20% (B).

Bovengenoemde berekeningen zijn uitgevoerd met de gemiddelde uitspoelingsfracties. Om een goed beeld te krijgen van de denkbare spreiding tussen jaren, is ook een scenario doorgerekend met de uitspoelingsfracties van afzonderlijke LMM-jaren. Daarbij zijn de uitspoelingsfracties overigens wel gecorrigeerd voor het jaarspecifieke neerslagoverschot.

Tabel 9. **Doorgerekende basisscenario's bij regionale verevening.**

Scenario	Uitspoelingsgevoelig gewas	Niet-uitspoelingsgevoelig gewas
1	Elk uitspoelingsgevoelig gewas een gelijk kortingspercentage ten opzichte van de gebruiksnorm 2006	Elk niet-uitspoelingsgevoelig gewas gebruiksnorm 2006
2A	Elk uitspoelingsgevoelig gewas een gelijk kortingspercentage ten opzichte van de gebruiksnorm 2006	Elk niet-uitspoelingsgevoelig gewas 10% korting op de gebruiksnorm 2006
2B	Elk uitspoelingsgevoelig gewas een gelijk kortingspercentage ten opzichte van de gebruiksnorm 2006	Elk niet-uitspoelingsgevoelig gewas 20% korting op de gebruiksnorm 2006

Op basis van later overleg met LNV zijn aanvullend op deze basisscenario's nog aanvullende berekeningen uitgevoerd:

- Maatregelen ter verhoging N-efficiëntie
 - Minder dierlijke mest gebruiken
 - Afvoeren/recyclen van gewasresten
 - Telen van een wintergewas
 - Hogere wettelijke en/of landbouwkundige N-werkingscoëfficiënt van dierlijke mest
- Extra kortingsvarianten
 - Alle gewassen met een gelijk percentage korten
 - Gewassen met een zwakkere N-respons extra korten
 - Gras en snijmaïs (melkveehouderij) meekorten
- Ruimere nitraatdoelstelling (> 11,3 mg nitraat-N per liter)
- Differentiatie gebruiksnorm naar opbrengstniveau

De gehanteerde uitgangspunten worden bij de bespreking van de resultaten van de bovengenoemde varianten verder toegelicht (paragraaf 3.2.2).

2.3.2 Gebruik dierlijke mest

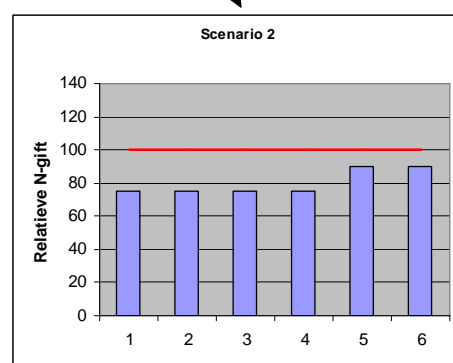
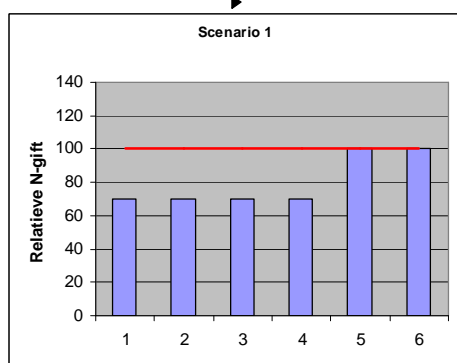
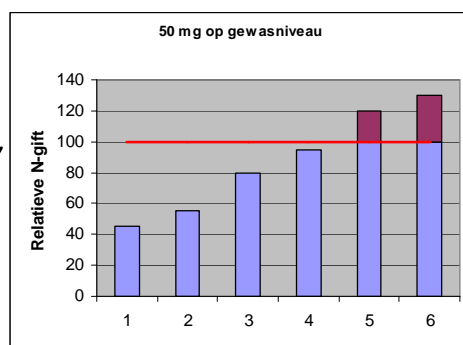
De scenario's 1 t/m 2 (zie Tabel 9) zijn in eerste instantie doorgerekend met de volgende gebruiksniveaus van dierlijke mest:

- Geen dierlijke mest
- Gebruik van varkensdrijfmest ter grootte van een gift van 100 kg N-totaal (60 kg P₂O₅) per ha bedrijfsoppervlakte per jaar
- Gebruik van varkensdrijfmest ter grootte van een gift van 135 kg N-totaal (80 kg P₂O₅) per ha bedrijfsoppervlakte per jaar

De meeste aanvullende varianten zijn alleen doorgerekend bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 0 en 100 kg N-totaal per ha via varkensdrijfmest. Bij een aantal varianten is ook een dierlijke mestgift van 65 kg N-totaal per ha beschouwd.

Kader illustratie verdeling N-gebruiksruimte over gewassen

Uitgangssituatie is een bouwplan met zes gewassen (zie bovenste figuur). Vier gewassen (1-4) zijn uitspoelingsgevoelig en moeten om op gewasniveau te voldoen aan de nitraatnorm onder advies (getrokken rode lijn) worden bemest. De gewassen 5 en 6 zijn niet-uitspoelingsgevoelig en zouden om te voldoen aan de nitraatnorm boven advies mogen worden bemest (het bruine (donkere) deel van de staaf). De gebruiksnorm heeft echter het advies als plafond waardoor milieutechnisch gezien een deel van de gebruiksruimte onbenut blijft. Door deze onbenutte ruimte toe te voegen aan de uitspoelingsgevoelige gewassen krijgen deze een gebruiksnorm die minder ver onder het advies ligt. Dit kan op een aantal manieren. Bij scenario 1 wordt de ruimte zo verdeeld dat elk uitspoelingsgevoelig gewas op een gelijk percentage van het advies uitkomt. Een variant hierop is scenario 2 waarbij de niet-uitspoelingsgevoelige gewassen ook worden gekort (in dit geval met 10%). Er resteert dan meer ruimte voor de uitspoelingsgevoelige gewassen. Bij deze twee scenario's vindt tevens een verevening plaats binnen de uitspoelingsgevoelige gewassen. Zo zouden gewassen 3 en 4 op gewasniveau hoger bemest mogen worden om te voldoen aan de nitraatnorm (zie bovenste figuur).



3 Resultaten

3.1 Gewasniveau

In Bijlage 2 zijn de resultaten weergegeven van de berekeningen op gewasniveau. Tabel 10 geeft een samenvattend overzicht voor de *uitspoelingsgevoelige* gewassen. Zoals reeds eerder aangegeven is bij de berekening op gewasniveau uitgegaan van enkel kunstmestbemesting. De verschillen tussen regio's ontstaan door verschillen in aandeel droog en nat zand (Tabel 8), verschillen in N-depositie en verschillen in N-levering van gewasresten (Tabel 15, rij A). Dat laatste komt, omdat per regio gerekend is met een regiospecifieke N-inhoud en -levering van gewasresten die afhangt van de bouwplansamenstelling. De benodigde korting is het hoogst in de regio Löss. Dit komt vooral, omdat de areaalgewogen uitspoelingsfractie daar hoger is (0,66) dan in de zandregio's (0,55-0,56). Binnen de zandregio's is de benodigde korting het hoogst in de regio Zuid en het laagst in de regio Midden.

Tabel 10. **Gebruiksnorm 2006 (kg N per ha) en benodigde korting op de N-gebruiksnorm 2006 bij uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen om zonder gebruik van dierlijke mest op gewasniveau een nitraat-N-concentratie van 11,3 mg per liter te realiseren.**

Gewas	Gebruiksnorm 2006 (kg N per ha)	Benodigde korting (%) per regio:				
		Noord	Midden	Zuid	Zand-totaal	Löss
Aardbei	170	75	79	86	80	91
Spinazie ¹	370	53	54	60	56	65
Broccoli	270	52	53	63	57	68
Graszaad	165	45	48	59	52	66
Lelie	155	43	45	59	50	66
Prei	245	41	43	53	47	58
Iris	170	40	42	54	47	61
Bloemkool	230	39	41	52	45	59
Knolselderij	200	38	40	52	45	58
Plantui	170	36	38	49	42	55
Consumptieaardappelen	265	31	32	43	36	41
Tulp	200	30	32	44	36	49
Chinees kool ¹	360	26	27	33	30	37
Triticale	160	26	28	41	33	26
Sla ¹	285	22	22	30	25	34
Koolzaad	205	21	22	33	26	38
Gladiool	260	20	21	34	27	39
Narcis	145	19	21	36	27	43
Krokus	90	18	20	40	28	48
Zetmeelaardappel	240	16	17	29	22	34
Sluitkool	320	13	14	22	17	25
Mais, korrel-	185	10	11	26	17	31
Spruitkool	290	7	8	17	11	20
Stamslabonen	120	2	3	23	11	30
Kroten	185	0	0	13	4	18
Asperge	85	0	0	0	0	0
Bieten, suiker-	150	0	0	0	0	0
Andijvie ¹	270	0	0	0	0	0

¹ Dubbelteelt (norm eerste teelt + norm volgteelt)

Bij een aantal uitspoelingsgevoelige gewassen (o.a. suikerbieten) is geen korting nodig (zie Tabel 10), terwijl bij een aantal niet-uitspoelingsgevoelige gewassen de nitraatconcentratie hoger is dan 11,3 mg N per liter als wordt bemest volgens advies (zie Bijlage 2). Dit heeft te maken met het volgende:

- Zoals reeds eerder aangegeven is bij het onderscheid tussen wel en niet-uitspoelingsgevoelig uitgegaan

van de indeling zoals die thans in de wet is opgenomen. Indertijd (2005) werd een gewas aangemerkt als gevoelig indien onder het gewas bij bemesting met kunstmest-N volgens advies op droog zand (Gt VII) niet werd voldaan aan de nitraatnorm. In de huidige berekeningen is de gewasnorm afgeleid op basis van een gemiddelde Gt (areaal gewogen gemiddelde van Gt IV en VII).

- De rekensystematiek is aangepast. Bij de berekening van het overschot wordt aan de aanvoerzijde de regiospecifieke hoeveelheid N in gewasresten gehanteerd terwijl aan de afvoerzijde de gewasspecifieke hoeveelheid N in de gewasresten is gebruikt. Dit leidt ertoe dat bij gewassen met veel N in gewasresten (suikerbieten, koolgewassen) een lager N-overschot wordt berekend dan in eerdere berekeningen. Bij gewassen met relatief weinig N in gewasresten is het omgekeerde het geval.
- In onderhavige studie is gewerkt met geactualiseerde LMM-uitspoelingsfracties en gemiddelde neerslagoverschotten (beide zijn nodig om toegestane nitraatconcentratie in grondwater om te rekenen naar toegestaan N-bodemoverschot en N-gebruiksnorm) die afwijken van die gebruikt in 2005.
- Er is nu uitgegaan van regiospecifieke depositieniveaus, terwijl toen een gemiddeld landelijk depositieniveau is gehanteerd.
- Bij een aantal gewassen is de N-gebruiksnorm verhoogd (o.a. rogge, schorseneer, winterpeen).
- De opbrengstniveaus zijn geactualiseerd en kunnen enigszins afwijken van die gehanteerd in eerdere studies.

3.2 Regioniveau

3.2.1 Basisscenario's (1-2)

In Tabel 11 en 12 zijn de resultaten van de berekeningen op regioniveau weergegeven. Per regio is eerst voor drie gebruiksniveaus van dierlijke mest (0, 100 en 135 kg N per ha, varkensdrijfmest) de verwachte nitraatconcentratie en het fosfaatoverschot uitgerekend wanneer volgens advies (N-gebruiksnorm 2006) wordt bemest (Tabel 11).

Wanneer geen dierlijke mest wordt gebruikt, wordt in de regio's Noord en Midden voldaan aan de nitraatnorm. De hoogste nitraatconcentraties worden berekend voor de regio's Zuid, de laagste in de regio Noord. Bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 100 en 135 kg N per ha bedraagt de berekende nitraatconcentratie respectievelijk 14-18 en 15-20 mg nitraat-N per liter.

De fosfaatoverschotten bij giften dierlijke mest van 100 en 135 kg N per ha en ongekorte gebruiksnormen bedragen circa 15 en 35 kg P_2O_5 per ha in de zandregio's, waarbij de verschillen tussen regio's gering zijn. In de lössregio zijn de fosfaatoverschotten bij vergelijkbare giften lager, respectievelijk 0 en 20 kg P_2O_5 per ha.

Tabel 11. **Nitraat-N-concentraties in het bovenste grondwater (mg NO₃-N per liter) en fosfaatoverschotten¹ (kg P₂O₅ per ha per jaar) bij bemesting volgens advies (N-gebruiksnorm 2006) in afhankelijkheid van regio.**

Regio	Dierlijke mest-N (kg per ha per jaar)	Nitraat-N-concentratie (mg N per liter)	Fosfaatoverschot (kg P ₂ O ₅ per ha)
Noord	0	9,6	-46
	100	13,8	13
	135	15,2	33
Midden	0	10,9	-46
	100	15,1	13
	135	16,5	33
Zuid	0	14,2	-45
	100	18,3	14
	135	19,8	34
Zand- Totaal	0	11,7	-45
	100	15,9	13
	135	17,3	34
Löss	0	12,7	-60
	100	17,7	-1
	135	19,5	19

1 het betreft het fosfaatoverschot zonder gebruik van fosfaatkunstmest

In tabel 12 is vervolgens aangegeven in hoeverre de N-gebruiksnorm moet worden gekort om te voldoen aan de nitraatnorm. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen verschillende verdeelvarianten zoals weergegeven in Tabel 9. Bij elke variant is tevens de relatieve N-opbrengst en het fosfaatoverschot (beide op bouwplanniveau) weergegeven.

Om te voldoen aan de nitraatnorm moet er sterk worden gekort op de gebruiksnorm van 2006. Wanneer alleen wordt gekort bij de *uitspoelingsgevoelige* gewassen, bedraagt het kortingspercentage bij een gebruiksniveau dierlijke mest van 100 kg N per ha 23, 39, 54, 38 en 67% voor respectievelijk de regio's Noord, Midden, Zuid, Zand-totaal en Löss. Bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 135 kg N per ha bedragen de percentages 36, 55, 52 en 91% voor de regio's Noord, Midden, Zand-totaal en Löss. Voor de regio Zuid kan niet verder worden gekort dan 61% omdat de kunstmest dan volledig is opgebruikt. In dit scenario, dat wil zeggen bij deze drijfmestgift, kan in deze regio de nitraatnorm niet worden behaald. Door de *niet-gevoelige gewassen* ook te korten (10 en 20%) kunnen de kortingspercentages van de uitspoelingsgevoelige gewassen worden verlaagd.

De benodigde kortingen op de N-gebruiksnorm 2006 leiden tot een daling van de N-opbrengst van het bouwplan. Deze loopt uiteen van 4-14% (100 kg N per ha uit dierlijke mest) en 7-19% (135 kg N per ha uit dierlijke mest).

Tabel 12. **Nitraat-N-concentraties in het bovenste grondwater (mg NO₃-N per liter), relatieve N-opbrengst bouwplan (%) en fosfaatoverschotten (kg P₂O₅ per ha per jaar) in afhankelijkheid van kortingspercentage en regio.**

Regio	Dierlijke mest-N (kg per ha per jaar)	Korting (%) gebruiksnorm per gewassoort:		Nitraat-N-concentratie (mg N per liter)	Relatieve N-opbrengst bouwplan (%)	Fosfaat-overschot (kg P ₂ O ₅ per ha)
		Niet gevoelig	Wel gevoelig			
Noord	0	0	0	9,6	100	-46
	100	0	23	11,3	96	15
	135	0	36	11,3	93	37
	0 ¹	0	0	9,6	100	-46
	100	10	21	11,3	95	15
	135	10	33	11,3	92	37
	0 ¹	0	0	9,6	100	-46
	100	19	19	11,3	95	15
	135	20	31	11,3	92	37
	0	0	0	10,9	100	-46
	100	0	39	11,3	92	16
	135	0	55	11,3	89	39
Midden	0 ¹	0	0	10,9	100	-46
	100	10	35	11,3	92	16
	135	10	50	11,3	89	38
	0 ¹	0	0	10,9	100	-46
	100	20	31	11,3	92	16
	135	20	46	11,3	89	38
	0	0	18	11,3	95	-43
	100	0	54	11,3	86	21
	135	0	61²	12,1	85	42
	0	10	16	11,3	95	-43
	100	10	52	11,3	86	21
	135	10	65	11,3	82	43
Zuid	0 ¹	12	15	11,3	95	-42
	100	20	49	11,3	86	20
	135	20	62	11,3	83	43

1 niet-uitspoelingsgevoelige gewassen minder gekort dan 10% respectievelijk 20%, omdat anders de korting hoger zou zijn dan die van uitspoelingsgevoelige gewassen

2 dit is bij de gegeven mestgift de maximaal mogelijke korting op kunstmest-N, waarbij de nitraatdoelstelling overigens nog niet bereikt wordt

Tabel 12 (vervolg). **Nitraat-N-concentraties in het bovenste grondwater (mg NO₃-N per liter), relatieve N-opbrengst bouwplan (%) en fosfaatoverschotten (kg P₂O₅ per ha per jaar) in afhankelijkheid van kortingspercentage en regio.**

Regio	Dierlijke mest-N (kg per ha per jaar)	Korting (%) gebruiksnorm per gewassoort:		Nitraat-N-concentratie (mg N per liter)	Relatieve N-opbrengst bouwplan (%)	Fosfaat-overschot (kg P ₂ O ₅ per ha)
		Niet gevoelig	Wel gevoelig			
Zand, Totaal	0	0	2	11,3	99	-45
	100	0	38	11,3	91	17
	135	0	52	11,3	88	39
	0 ¹	2	2	11,3	99	-45
	100	10	36	11,3	91	17
	135	10	49	11,3	88	39
	0 ¹	2	2	11,3	99	-45
	100	20	33	11,3	91	17
	135	20	46	11,3	88	39
	0	0	11	11,3	98	-59
	100	0	67	11,3	88	6
	135	0	91	11,3	81	30
	0 ¹	5	5	11,3	98	-59
	100	10	54	11,3	90	5
	135	10	76	11,3	85	28
Löss	0 ¹	5	5	11,3	98	-59
	100	20	44	11,3	91	5
	135	20	63	11,3	87	27

1 niet-uitspoelingsgevoelige gewassen minder gekort dan 10% respectievelijk 20%, omdat anders de korting hoger zou zijn dan die van uitspoelingsgevoelige gewassen

Spreiding uitspoelingsfractie

In bovenstaande berekeningen is steeds uitgegaan van een gemiddelde uitspoelingsfractie. Omdat deze fractie niet ieder jaar dezelfde waarde heeft, is nagegaan in hoeverre de nitraat-N-concentratie van jaar tot jaar varieert bij toepassing van het kortingspercentage afgeleid van de gemiddelde uitspoelingsfractie. Ter illustratie beperkt de berekening zich tot het totale zandgebied bij een verondersteld jaarlijks dierlijke mestgebruik van 100 kg N per ha zonder aanvullende maatregelen. Uit de berekening blijkt dat de spreiding van de concentratie (na weerscorrectie) beperkt is. Uitgedrukt in nitraat bedraagt het 95% betrouwbaarheidsinterval 10,2-12,4 mg nitraat-N per liter (Tabel 13).

Tabel 13. **Variatie van de nitraat-N concentratie (mg nitraat-N per liter grondwater) na weerscorrectie bij jaarlijkse toepassing van de korting die nodig is om gemiddeld over een langere periode het doel van 11,3 mg nitraat-N per liter te realiseren (scenario: akker- en tuinbouwgewassen in totale zandgebied bij een jaarlijkse dierlijke mestgift van 100 kg N per ha zonder aanvullende maatregelen)**

LMM meetjaar	Gerealiseerde concentratie
1991-92	11,4
1992-93	11,3
1994-95	13,3
1996-97	8,3
1997-98	11,0
1998-99	9,3
1999-00	12,0
2001-02	10,2
2002-03	14,6
2003-04	10,1
2004-05	13,4
Gemiddeld	11,3
95% betrouwbaarheidsinterval	10,2-12,4

3.2.2 Aanvullende scenario's

Aanvullend op de basisscenario's zijn nog extra scenario's doorgerekend m.b.t. efficiëntieverhogende maatregelen, alternatieve kortingsvarianten en een ruimere nitraatdoelstelling.

Efficiëntieverhogende maatregelen

Efficiëntieverbetering kan worden gedefinieerd als het verschijnsel, waarbij een groter deel van de aangevoerde of door de bodem geleverde N in het geoogste gewas terecht komt. Deze verbetering kan aangrijpen op de werkingscoëfficiënt van de diverse N-bronnen, de opname-efficiëntie van het gewas of de mate waarin opgenomen N daadwerkelijk wordt afgevoerd. In termen van maatregelen kan gedacht worden aan een betere plaatsing en timing van meststof-toediening, het onderscheppen met vanggewassen van minerale N die niet door het gewas is opgenomen of het afvoeren van gewasresten.

Een verhoogde efficiëntie volgens bovenstaande definitie gaat altijd samen met een verlaagd overschot, althans zolang de aangevoerde hoeveelheid N hetzelfde blijft. Om te kunnen beoordelen of dit verlaagde overschot kan leiden tot een andere gebruiksnorm is het wezenlijk hoe dit verlaagde overschot zich verhoudt tot het milieukundig acceptabele overschot. Is het gerealiseerde overschot nog steeds hoger dan acceptabel, dan is een verlaging van de gebruiksnorm nodig. Is het gerealiseerde overschot lager dan acceptabel, dan kan de gebruiksnorm worden verhoogd. Dat laatste is het geval bij de doorgerekende basisscenario's (3.2.1). In welke mate de gebruiksnorm verhoogd kan worden ten opzichte van een situatie zonder efficiëntieverbetering hangt af van het verschil tussen het gerealiseerde en het acceptabele overschot en de opname-efficiëntie van het gewas. In deze studie zijn de volgende efficiëntieverhogende maatregelen doorgerekend:

- Minder dierlijke mest gebruiken
- Afvoeren/recyclen van gewasresten
- Telen van een wintergewas
- Hogere N-werkingscoëfficiënt van dierlijke mest

Minder dierlijke mest gebruiken

Overeenkomstig de LNV-opdracht zijn berekeningen uitgevoerd voor scenario's met een jaarlijkse fosfaataanvoer in de vorm van varkensdrijfmest van 60 en 80 kg P_2O_5 per ha (100 en 135 kg N per ha). Volgens de huidige inzichten in (regiospecifieke) opbrengsten en fosfaatgehalten (Beukenboom, 1996), wordt er in de hier gebruikte regionale zandbouwplannen gemiddeld niet meer dan 45 kg P_2O_5 per ha afgevoerd (zie Tabel 11, fosfaatoverschot bij geen dierlijke mest), aannemende dat ook graanstro en graszaadhooi worden geoogst en verkocht. Het derde Nederlandse Nitraatrichtlijn Actieprogramma refereert aan de noodzaak om de aanvoer van fosfaat in overeenstemming te brengen met de fosfaatopname. Een dierlijke mestgift van 60 kg P_2O_5 per ha voldoet aan deze definitie, maar gaat voorbij aan het feit dat van de opname circa 15 kg per ha in de vorm van gewasresten op het land achterblijft en bij het vaststellen van dierlijke mestgiften rekening dient te worden gehouden met dat wat de bodem levert waaronder de fosfaat in achtergelaten gewasresten. Toediening van 60 of 80 kg P_2O_5 per ha per jaar gaat daarom gepaard met een voortgaande accumulatie van 15-35 en 0-20 kg P_2O_5 per ha per jaar op respectievelijk zand- en lössgrond, tenzij ook andere gewasresten dan graanstro en graszaadhooi van een bedrijf worden afgevoerd. Bij een omwille van milieuoverwegingen beperkte N-voorziening dalen de opbrengst en fosfaatonttrekking en kunnen de fosfaatoverschotten bij genoemde mestgiften nog verder oplopen.

Om de dierlijke mestgift in overeenstemming te brengen met de fosfaatafvoer zou deze moeten worden verlaagd. Om de effecten hiervan op de benodigde korting in beeld te brengen is naast de variant waarin de mestgift met 35 kg N verhoogd is van 100 naar 135 kg mest-N per ha, ook een variant doorgerekend waarin de mestgift verlaagd is met 35 kg N per ha. Bij varkensdrijfmest komt een gift van 65 kg (totaal) N per ha overeen met een fosfaatinhoud die gemiddeld 5 kg lager is dan de voor een zandbouwplan typische fosfaatafvoer van gemiddeld 45 kg P_2O_5 per ha. De gevolgen van een zodanig verlaagde mestgift op de noodzakelijke korting van de N-gebruiksnorm van uitspoelingsgevoelige gewassen, is weergegeven in Tabel 14. In vergelijking met een gebruiksniveau van dierlijke mest van 100 kg N per ha is de noodzakelijke korting van de N-gebruiksnorm circa 10-20% (absoluut) lager.

Tabel 14. Effect van gebruiksniveau dierlijke mest (kg N per ha, varkensdrijfmest) op de noodzakelijke korting van de N-gebruiksnorm (% ten opzichte van gebruiksnorm 2006) van de uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen in de verschillende regio's

N dierlijke mest (kg per ha)	Regio				
	Noord	Midden	Zuid	Zand-totaal	Löss
0	0	0	18	2	11
65	11	24	41	25	46
100	23	39	54	38	67
135	36	55	61 *	52	91

***vet:** dit is bij gegeven dierlijke mestgift de maximaal mogelijke korting op kunstmest-N waarbij de nitraatdoelstelling overigens nog niet bereikt wordt.

Afvoeren/recyclen van gewasresten

Een deel van het N-overschot bij akker- en tuinbouwgewassen wordt veroorzaakt doordat bij bepaalde gewassen relatief veel N in gewasresten op het veld achterblijft. Door de gewasresten wel af te voeren kan het N-overschot worden verlaagd en de gebruiksnorm worden verhoogd. Naast afvoeren kan er ook voor gekozen worden om de gewasresten (op het bedrijf) te composteren en vervolgens in het daaropvolgende groeiseizoen weer op het land terug te brengen (recyclen).

Afvoeren of recyclen van gewasresten is vooral zinvol bij gewassen waarbij relatief veel N in de gewasresten achterblijft (o.a. suikerbieten, aardappelen, kool, prei). In Tabel 15 zijn de doorgerekende varianten vermeld. Tevens is op bouwplanniveau de hoeveelheid N in de resterende gewasresten weergegeven.

Bij variant A wordt alleen het graanstro en het graszaadhooi afgevoerd. Dit is ook al het geval in de basisscenario's (paragraaf 3.2.1). Vervolgens zijn situaties doorgerekend, waarbij bij steeds meer gewassen de gewasresten worden afgevoerd (variant B t/m D). In variant E zijn ten slotte de verwijderbare gewasresten van alle gewassen verwijderd.

Tabel 15. **Doorgerekende varianten m.b.t. afvoeren/recyclen van gewasresten en de hoeveelheid N (kg per ha per jaar) die de betrokken gewasresten vertegenwoordigen.**

Afgevoerde gewasrest		N-inhoud resterende gewasresten (kg per ha, bouwplanniveau)				
		Noord	Midden	Zuid	Zand-totaal	Löss
A	Graan + graszaad	57	50	64	59	57
B	A + suikerbieten	40	41	50	44	30
C	B + aardappelen	22	28	42	30	24
D	C + kool/prei	22	28	40	29	24
E	D + rest	21	21	20	21	21

De genoemde varianten zijn doorgerekend in geval van zowel afvoeren als recyclen. Bij het doorrekenen is onderscheid gemaakt tussen wel en niet verwijderbare gewasresten. In het laatste geval gaat het vooral om stoppels en wortels. Er is alleen gerekend met de verwijderbare gewasresten. Dat verklaart dat er ook na het afvoeren van gewasresten van alle gewassen (variant E) nog steeds N achterblijft.

Bij het recyclen is ervan uitgegaan dat 30% van de N-inhoud van de gewasrest verloren gaat via gasvormige verliezen gedurende het composteringsproces. Daarnaast is de beschikbaarheid van de resterende N voor gewasopname verhoogd van 40 naar 60%. Dit is gedaan, omdat de bewerkte gewasrest nu in het voorjaar in plaats van in het najaar op het land terecht komt, waardoor de N-verliezen naar verwachting lager zullen zijn.

De resultaten van de berekeningen zijn bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 0 en 100 kg N per ha weergegeven in Tabel 16 (situatie waarbij alleen gekort wordt op *uitspoelingsgevoelige* gewassen). De effecten zijn het sterkst in de situatie waarbij de gewasresten worden afgevoerd van het bedrijf. Bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 100 kg N per ha zou geen korting meer nodig zijn, indien alle gewasresten worden afgevoerd. Recyclen heeft een veel geringer effect. In dat geval is de korting maximaal 10-15% (absoluut) lager. Het afvoeren van het bietenblad heeft het sterkste effect. Vanwege het relatief hoge aandeel suikerbieten in het bouwplan wordt het grootste effect gevonden in het lössgebied.

Tabel 16. Effecten van afvoeren en recyclen van gewasresten op de noodzakelijke korting van de N-gebruiksnorm (% ten opzichte van gebruiksnorm 2006) bij *uitspoelingsgevoelige* akker- en tuinbouwgewassen bij een dierlijke mestgift van 0 en 100 kg N per ha in de verschillende regio's.

N dierlijke mest (kg per ha)	Gewasrestvariant		Regio				
			Noord	Midden	Zuid	Zand- totaal	Löss
0	Afvoeren	A. graan+graszaad	0	0	18	2	11
		B. A + suikerbieten	0	0	3	0	0
		C. B + aardappelen	0	0	0	0	0
		D. C + kool/prei	0	0	0	0	0
		E. D + rest	0	0	0	0	0
	Recyclen	A. graan+graszaad*	0	0	18	2	11
		B. A + suikerbieten	0	0	14	0	0
		C. B + aardappelen	0	0	12	0	0
		D. C + kool/prei	0	0	11	0	0
		E. D + rest	0	0	5	0	0
100	Afvoeren	A. graan+graszaad	23	39	54	38	67
		B. A + suikerbieten	0	27	39	22	19
		C. B + aardappelen	0	11	31	0	0
		D. C + kool/prei	0	10	29	0	0
		E. D + rest	0	0	0	0	0
	Recyclen	A. graan+graszaad*	23	39	54	38	67
		B. A + suikerbieten	18	35	50	34	54
		C. B + aardappelen	12	31	48	30	51
		D. C + kool/prei	12	31	47	29	51
		E. D + rest	11	28	41	26	50

*graanstro en graszaadhooi worden niet gerecycled maar hoe dan ook geacht te worden afgevoerd

Telen van een wintergewas

Een wintergewas kan in de herfst achtergebleven N opnemen en behoeden voor uitspoeling. Door het wintergewas in het daaropvolgende voorjaar onder te werken, komt de N weer deels beschikbaar voor het volggewas, waardoor de N-beschikbaarheid voor het gewas toeneemt. In geval van een suboptimale N-voorziening zal hierdoor de N-opname van het gewas toenemen, waardoor het N-overschot daalt. Hierdoor kan de gebruiksnorm worden verhoogd.

Bij de doorrekening van deze maatregel zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Om bij te dragen aan een betere N-benutting moeten wintergewassen, anders dan groenbemesters, onbemest blijven; de groei is daarom aangewezen op minerale bodem-N.
- De N-opname van een wintergewas bedraagt 80 en 40 kg N per ha bij zaai vóór, respectievelijk, 1 september en 1 oktober. Bij zaai na graan en graszaad is, ondanks de tijdige zaai, uitgegaan van een opname van 40 kg N per ha, omdat deze gewassen doorgaans weinig N in de bodem achterlaten.
- De beschikbaarheid van wintergewas-N voor gewasopname bedraagt 60%.

Uit Tabel 17 blijkt dat het effect van een wintergewas op de korting van de N-gebruiksnorm gering is. Dit komt door de relatief geringe N-opname door het wintergewas. Op bouwplanniveau bedraagt deze 14, 18, 10, 13 en 19 kg N per ha voor respectievelijk Noord, Midden, Zuid, Zand-totaal en Löss. De geringe N-opname vloeit voort uit het feit dat niet na alle gewassen een wintergewas kan worden geteeld.

Tabel 17. **Effecten van het zaaien van een wintergewas op de noodzakelijk korting van de N-gebruiksnorm (% ten opzichte van gebruiksnorm 2006) van *uitspoelingsgevoelige* akker- en tuinbouwgewassen bij een dierlijke mestgift van 0 en 100 kg N per ha in de verschillende regio's.**

N dierlijke mest (kg per ha)	Wintergewas	Regio				
		Noord	Midden	Zuid	Zand-totaal	Löss
0	Nee	0	0	18	2	11
	Ja	0	0	18	2	10
100	Nee	23	39	54	38	67
	Ja	23	38	53	37	64

Hogere N-werkingscoëfficiënt dierlijke mest

In de berekeningen is voor varkensdrijfmest uitgegaan van een wettelijke en landbouwkundige N-werking van respectievelijk 60 en 70%. Door de wettelijke N-werking te verhogen tot de landbouwkundige N-werking, daalt de hoeveelheid kunstmest die mag worden toegediend en daardoor tegelijkertijd het N-overschot. Hierdoor ontstaat er ruimte voor een hogere gebruiksnorm. Tabel 18 laat zien dat bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 100 kg N per ha de noodzakelijke korting van de N-gebruiksnorm hierdoor circa 5-10% (absoluut) lager is. Een andere situatie doet zich voor, wanneer een hogere landbouwkundige N-werking (in dit voorbeeld 80%) wordt gerealiseerd, bijvoorbeeld door mestbewerking. Het effect op de korting is vergelijkbaar met dat van een hogere wettelijke N-werking. Wanneer zowel de wettelijke als landbouwkundige N-werking 80% bedragen, kan de korting worden verminderd met 20-35% (absoluut).

Tabel 18. **Effecten van een hogere wettelijke en/of landbouwkundige N-werkingscoëfficiënt op de noodzakelijk korting van de N-gebruiksnorm (% ten opzichte van gebruiksnorm 2006) bij *uitspoelingsgevoelige* akker- en tuinbouwgewassen bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 100 kg N per ha in de verschillende regio's.**

N-werking dierlijke mest (%)		Regio				
Wettelijk	Landbouwkundig	Noord	Midden	Zuid	Zand-totaal	Löss
60	70	23	39	54	38	67
70	70	16	30	47	31	56
60	80	17	31	48	32	55
80	80	2	13	32	16	32

Alternatieve kortingsvarianten

Alternatieven binnen akker- en tuinbouwgewassen

In het basisscenario worden de N-gebruiksnormen van alleen de uitspoelingsgevoelige gewassen gekort om te voldoen aan de nitraatdoelstelling. Wanneer ook de niet-uitspoelingsgevoelige gewassen in dezelfde mate worden meegekort, is bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 100 kg N per ha, de korting 4-35% (absoluut) lager (Tabel 19). De benodigde korting bedraagt dan 19-44% (zand) en 32% (Löss). Het effect is het sterkst bij de regio Löss. Dit hangt o.a. samen het hoge aandeel niet-uitspoelingsgevoelige gewassen in deze regio.

Een ander optie is om gewassen met een relatief zwakke N respons extra te korten, zodat gewassen met een scherpere respons minder hoeven te worden gekort. Als voorbeeld zijn situaties doorgerekend, waarbij alleen aardappelen en zowel aardappelen als suikerbieten 10% meer zijn gekort dan de overige gewassen. Bij beide varianten zijn zowel wel als niet uitspoelingsgevoelige gewassen gekort. Door aardappelen met 10% extra te korten daalt de korting voor de overige gewassen met 2-6% (absoluut) ten opzichte van een gelijke korting bij alle gewassen. Het mede extra korten van de suikerbieten levert weinig meer extra ruimte op voor de overige gewassen. Dit is een gevolg van het feit dat het aandeel suikerbieten in het bouwplan in de meeste regio's lager is dan dat van aardappelen (Tabel 7). Daarnaast is de gebruiksnorm van suikerbieten aanzienlijk lager dan die van aardappelen (150 in vergelijking met 265 kg N per ha, niveau 2006). Een extra korting levert dan minder extra ruimte op voor overige gewassen.

Tabel 19. Effecten van diverse kortingsvarianten op de noodzakelijke korting van de N-gebruiksnorm (% ten opzichte van gebruiksnorm 2006) bij akker- en tuinbouwgewassen in de verschillende regio's bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 0 en 100 kg N per ha.

N dierlijke mest (kg/ha)	Korten op gewasgroep:				Regio:				
	Gevoelige	Niet-gevoelige	Max. 10% extra bij aardappel	Max. 10% extra bij suikerbieten	Noord	Midden	Zuid	Zand-totaal	Löss
0	+				0	0	18	2	11
	+	+			0	0	15	2	5
	+	+	+		0 / 0 ¹	0 / 0	12 / 22	0 / 4	3 / 13
	+	+	+	+	0 / 0 ²	0 / 0	11 / 21	0 / 3	1 / 11
100	+				23	39	54	38	67
	+	+			19	28	44	31	32
	+	+	+		13 / 23 ¹	24 / 34	41 / 51	26 / 36	30 / 40
	+	+	+	+	11 / 21 ²	23 / 33	40 / 50	25 / 35	28 / 38

¹ korting op gebruiksnorm van niet- en wel-uitspoelingsgevoelige gewassen / korting op gebruiksnorm van aardappelen

² korting op gebruiksnorm van niet- en wel-uitspoelingsgevoelige gewassen / korting op gebruiksnorm van aardappelen en suikerbieten

Gelijke korting akker- en tuinbouwgewassen bij combinatie van maatregelen

In Tabel 20 zijn de kortingen weergegeven wanneer gelijktijdig een aantal efficiëntieverhogende maatregelen worden genomen en de korting in gelijke mate wordt toegepast bij *uitspoelingsgevoelige én niet-uitspoelingsgevoelige* akker- en tuinbouwgewassen. Zonder maatregelen zou bij gebruiksniveau van dierlijke mest van 100 kg N per ha per jaar de korting op de N-gebruiksnorm 19-44% (zand) en 32% (löss) moeten bedragen om aan de nitraatnorm te voldoen. Als de verwijderbare gewasresten zouden worden hergebruikt (oogsten, bewaren, uitrijden in het daaropvolgende voorjaar), de wettelijke werking van dierlijke mest zou worden afgestemd op de werkelijke werking, en waar mogelijk wintergewassen zouden worden geteeld, zou de korting beperkt kunnen blijven tot 3-26% (zand) en 17% (löss). Tussen regio's treden hierbij aanmerkelijke verschillen op, omdat regio's verschillen in de hoeveelheid verwijderbare gewasresten in het bouwplan en de ontwikkelings-mogelijkheden voor succesvol wintergewas.

Bij varkensdrijfmestgiften die qua fosfaatinhoud in de buurt liggen van de fosfaatafvoer (65 kg N en 40 kg P₂O₅ per ha) zou de korting tot 0-18% beperkt kunnen blijven.

Tabel 20. Benodigde korting op de N-gebruiksnorm 2006 (%) bij (*uitspoelingsgevoelige én niet-uitspoelingsgevoelige*) akker- en tuinbouwgewassen om onder deze gewassen 11,3 mg nitraat-N per liter te realiseren, zonder en met een pakket van gecombineerde maatregelen (hogere wettelijke N-werkingscoëfficiënt voor varkensdrijfmest, recyclen van gewasresten en de teelt van wintergewassen), in afhankelijkheid van de dierlijke mestgift op akker- en tuinbouwland.

N dierlijke mest (kg/ha)	Maatregelen:	Regio									
		Noord		Midden		Zuid		Zand-totaal		Löss	
		Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja
65	Wettelijke N-werkingscoëfficiënt dierlijke mest (%)	60	70	60	60	70	60	70	70	60	70
	Afvoer graan- en graszaadstro	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Recyclen overige gewasresten	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja
	Wintergewas	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja
	Korting (%)	9	0	17	5	34	18	20	6	23	10
	Relatieve N-opbrengst (%)	98	100	95	98	89	94	94	98	94	97
	P-overschot (kg P ₂ O ₅ per ha)	-7	-8	-5	-7	-2	-4	-4	-6	-18	-20
100	Wettelijke N-werkingscoëfficiënt dierlijke mest (%)	60	70	60	60	70	60	70	70	60	70
	Afvoer graan- en graszaadstro	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Recyclen overige gewasresten	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja
	Wintergewas	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja
	Korting (%)	19	3	28	13	44	26	31	14	32	17
	Relatieve N-opbrengst (%)	95	99	91	96	86	91	90	95	91	95
	P-overschot (kg P ₂ O ₅ per ha)	15	13	17	15	21	18	18	15	5	2

Meekorten snijmaïs

Tot nu toe is alleen gekeken naar kortingsvarianten binnen de akker- en tuinbouw. Een belangrijk deel van het totale landbouwareaal wordt ingenomen door snijmaïs en grasland (Tabel 6). Daarom is mede nagegaan wat het effect is als snijmaïs wordt meegekort met de overige (*zowel wel als niet uitspoelingsgevoelige*) akker- en tuinbouwgewassen. Daarbij is snijmaïs in principe met eenzelfde percentage gekort als de akker- en tuinbouwgewassen, tenzij er geen verdere kunstmest-N ruimte binnen snijmaïs resteert. In alle berekeningen is namelijk aangenomen dat bij snijmaïs steeds jaarlijks 170 kg rundveedrijfmest-N per ha wordt toegediend. De eventuele aanvullende korting op de gebruiksnorm is bij snijmaïs dus, evenals bij de akker- en tuinbouwgewassen, ten laste gebracht van de kunstmest-N. Verder is aangenomen dat de akker- en tuinbouwgewassen jaarlijks 100 kg varkensdrijfmest-N per ha krijgen toegediend. Voor snijmaïs is uitgegaan van de Gt-verdeling zoals aangegeven in Tabel 8.

Uit deze verkenning blijkt dat, wanneer snijmaïs wordt meegekort, de benodigde korting voor de akker- en tuinbouwgewassen in de zandregio's met 7-21% (absoluut) en in de löss regio met 2% (absoluut) verminderd kan worden (Tabel 21). Het effect is het sterkst in regio's met veel snijmaïs (Midden en Zuid). Ter indicatie, de wettelijk vastgestelde norm voor snijmaïs op zand- en lössgrond in 2006 en 2009 bedraagt 155 en 150 kg N per ha. Dit betekent een aanscherping van 3% ten opzichte van 2006. Het meekorten van snijmaïs leidt dus tot een lagere gebruiksnorm dan nu is vastgesteld.

Tabel 21. Benodigde korting op de N-gebruiksnorm 2006 (%) bij akker- en tuinbouwgewassen (*wel en niet uitspoelingsgevoelige*) om onder deze gewassen 11,3 mg nitraat-N per liter te realiseren, tegenover de benodigde korting op deze gewassen en op snijmaïs om onder het gesommeerde areaal van én akker- en tuinbouwgewassen én snijmaïs gemiddeld 11,3 mg nitraat-N per liter te realiseren (bij veronderstelde dierlijke mestgiften van 170 kg runderdrijfmest-N per ha op maïsland en 100 kg varkensdrijfmest-N per ha op akker- en tuinbouwland).

Meekorten		Regio			
Snijmaïs		Noord	Midden	Zuid	Zand-totaal Löss
Nee		19	28	44	31 32
Ja	Korting op AT ¹	12	7	26	16 30
	gewassen Korting op snijmaïs	12	7	26	16 30

1 AT = Akker- en tuinbouw

Als de N-voorziening van snijmaïs beperkt wordt in het kader van voornoemde aanvullende korting bij dit gewas, zal de opbrengst van snijmaïs en in verband daarmee de fosfaatonttrekking dalen. De gebruiksnormen voor snijmaïs en gras zijn in het kader van de onderbouwing van de derogatie 2006-2009 indertijd gebaseerd op het uitgangspunt dat met dierlijke mest niet meer fosfaat zou worden toegediend dan er met het gewas werd afgevoerd. Bij het meekorten van de N-gebruiksnorm van snijmaïs wordt hieraan dus niet langer voldaan, omdat de opbrengst van maïs dan daalt. Dit geldt niet als de dierlijke mestgift zodanig gekort wordt, dat het positieve fosfaatoverschot dat de korting van de N-gebruiksnorm bij snijmaïs veroorzaakt, alsnog wordt hersteld door de dierlijke mestgift wat te verlagen. Globaal kan dit effect als volgt worden geschat. Een korting van de N-gebruiksnorm van snijmaïs met circa 20% (gemiddelde van waarden van Tabel 21) reduceert de fosfaatopbrengst met circa 6% hetgeen overeenkomt met 4 kg P₂O₅ per ha per jaar. Bij een snijmaïsaandeel van 30% van de bedrijfsoppervlakte, komt dit neer op 1 kg P₂O₅ per ha bedrijfsoppervlakte. Veronderstellende dat de op dit moment toegestane dierlijke mestgift van 250 kg runderdrijfmest-N per ha precies overeenkomt met een fosfaatoverschot van 0 kg per ha, zou het meekorten van snijmaïs via het genoemde effect op de fosfaatafvoer tot een verlaging van ongeveer 3 kg dierlijke mest-N per ha per jaar op melkveebedrijven moeten leiden om alsnog een fosfaatevenwichtsbemesting te realiseren. De noodzaak hiertoe is minder als mestbewerkingstechnieken of veevoedingsmaatregelen er in slagen om de P/N verhouding van dierlijke mest te verlagen.

Meekorten grasland

In een vervolgstap is nagegaan wat de benodigde korting op akker- en tuinbouwgewassen moet zijn als niet alleen het maïsland, maar ook het grasland meegekort wordt. Daarbij is uitgegaan van de areaalverdeling van grasland, snijmaïs en overig bouwland zoals weergegeven in Tabel 6 en een Gt-verdeling zoals aangegeven in Tabel 8. Aangenomen is verder dat het grasland een gemengd gebruik van maaien en weiden kent en de dierlijke mestgiften op bouwland, grasland en maïsland respectievelijk, 65-100, 284 en 170 kg N per ha bedragen. Kortingen op de gebruiksnormen zijn toegepast door op de aanvullende kunstmest-N giften te korten. Vervolgens is verkend wat het effect van een korting van de N-gebruiksnorm van grasland met 10 en 20% ten opzichte van de norm van 2006 is op:

- de benodigde korting van de N-gebruiksnorm 2006 van akker- en tuinbouwgewassen en snijmaïs,
- de gemiddelde toelaatbare overschrijding van nitraat-N concentraties onder voornoemde gewassen, gegeven een eventuele onderschrijding onder grasland.

De gebruiksnorm voor grasland in 2009 is ongeveer gelijk aan de gebruiksnorm 2006 minus 10%. Deze gebruiksnorm 2009 is geënt op de onderbouwing van de derogatie. Invulling van deze normen in het WOG-model geeft daarom, vanzelfsprekend, nitraatconcentraties die maar weinig lager zijn dan de doelstelling van 11,3 mg N per liter. Uitzondering vormt lössgrond. Lössgronden zijn weliswaar minder uitspoelingsgevoelig dan de meeste droge zandgronden (Velthof & Fraters, 2007), maar ze zijn uitspoelingsgevoeliger dan de gemiddelde zandgrond (het gemiddelde van natte en droge zandgronden). Als gevolg daarvan leidt toepassing van de graslandgebruiksnorm 2009 tot overschrijding van de nitraatconcentratiedoelstelling in het lössgebied.

Het meetellen van grasland maakt de benodigde korting bij akker- en tuinbouwgewassen en snijmaïs nauwelijks kleiner en bij löss vanwege de zojuist genoemde reden zelfs groter (Tabel 22), uitgaande van de uitspoelingsfractie van grasland op löss van 0,34 (Tabel 5). Het beeld wordt anders als de gebruiksnorm 2009 voor grasland met 20% in plaats van 10% gekort zou worden, althans op zandgrond. De korting op akker- en tuinbouwgewassen en maïs kan dan beperkt worden tot 0-19%. Op lössgrond biedt het meetellen van grasland zelfs bij een korting met 20% geen extra ruimte. Alleen nog hogere kortingen van de graslandnorm of een sterkere opvulling van deze norm met kunstmest-N in plaats van dierlijke mest, zou extra ruimte bieden.

Tabel 22. Benodigde korting op de N-gebruiksnorm 2006 (%) bij akker- en tuinbouwgewassen (*wel en niet uitspoelingsgevoelige*) en snijmaïs om onder deze gewassen 11,3 mg nitraat-N per liter te realiseren, tegenover de benodigde korting op deze gewassen (ten opzichte van norm 2006) om onder het gesommeerde areaal van én akker- en tuinbouwgewassen én snijmaïs én grasland gemiddeld (maximaal) 11,3 mg nitraat-N per liter te realiseren, in afhankelijkheid van de dierlijke mestgift op akker- en tuinbouwland.

Dierlijke Mest-N AT (kg per ha)	Schaal van doelrealisatie ¹	Regio:						
				Noord	Midden	Zuid	Zand-totaal	Löss
65	AT+maïs	Korting, %	Gras	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
			AT+maïs	4	3	19	10	22
		NO ₃ -N, mg per liter	AT	12,2	13,7	13,9	13,2	11,5
			Maïs	8,5	10,2	8,2	9,0	10,4
	AT+maïs+gras	Korting, %	Gras	10	10	10	10	10
			AT+maïs	0	1	21	8	29
		NO ₃ -N, mg per liter	Gras	10,0	11,3	11,6	11,0	14,1
			AT	12,3	13,6	13,6	13,6	9,9
			Maïs	9,1	10,5	8,0	9,3	9,2
		Korting, %	Gras	20	20	20	20	20
			AT+maïs	0	0	13	0	23
		NO ₃ -N, mg per liter	Gras	8,3	9,4	9,7	9,1	11,8
			AT	12,3	13,6	15,5	14,4	11,2
			Maïs	9,1	10,7	9,0	10,5	10,3
100	AT+maïs	Korting, %	Gras	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
			AT+maïs	12	7	26	16	30
		NO ₃ -N, mg per liter	AT	12,5	15,0	14,4	13,8	11,8
			Maïs	7,5	9,7	7,3	8,1	9,1
	AT+maïs+gras	Korting, %	Gras	10	10	10	10	10
			AT+maïs	0	6	27	14	37
		NO ₃ -N, mg per liter	Gras	10,0	11,3	11,6	11,0	14,1
			AT	13,8	15,2	14,2	14,3	10,4
			Maïs	9,1	9,8	7,2	8,5	7,9
		Korting, %	Gras	20	20	20	20	20
			AT+maïs	0	0	19	0	31
		NO ₃ -N, mg per liter	Gras	8,3	9,4	9,7	9,1	11,8
			AT	13,8	15,1	15,7	15,9	11,6
			Maïs	9,1	10,7	8,2	10,5	8,9

1 AT = akker- en tuinbouwgewassen

Ruimere nitraatdoelstelling

De berekende korting op de gebruiksnorm is gebaseerd op het behalen van de nitraatdoelstelling (11,3 mg nitraat-N per liter). In Tabel 23 aangegeven welke kortingen nodig zijn (alleen korten *uitspoelingsgevoelige* akker- en tuinbouwgewassen), indien de te realiseren nitraatconcentratie onder akker- en tuinbouwgewassen wordt verhoogd met respectievelijk 10 en 20% (12,4 en 13,6 mg nitraat-N per liter). Een 10% en 20% hogere doelstelling leidt tot een vermindering van de korting met, respectievelijk, circa 10% en 15-20% (absoluut).

Tabel 23. **Effect van nitraatdoelstelling op de benodigde korting van de N-gebruiksnormen (% ten opzichte van gebruiksnorm 2006) voor *uitspoelingsgevoelige* akker- en tuinbouwgewassen in de verschillende regio's bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 100 kg N per ha in de verschillende regio's.**

Nitraatdoel (mg nitraat-N per liter)	Regio				
	Noord	Midden	Zuid	Zand-totaal	Löss
11,3	23	39	54	38	67
12,4 (+10%)	16	29	46	30	56
13,6 (+20%)	8	20	37	22	44

3.2.3 Differentiatie gebruiksnorm op basis van opbrengst

Bij de onderbouwing van de gebruiksnormen is uitgegaan van een standaardopbrengstniveau (KWIN). In het algemeen zal in een situatie met een opbrengst hoger dan de standaardopbrengst meer N worden afgevoerd met het geoogste product, waardoor bij gelijkblijvende gebruiksnorm het N-bodemoverschot daalt en de gebruiksnorm kan worden verhoogd. Anderzijds zal dan bij een lagere opbrengst de N-afvoer lager zijn en zal de gebruiksnorm moeten worden verlaagd. Hieronder wordt verkend welke effecten het opbrengstniveau heeft op de hoogte van de gebruiksnorm waarbij voldaan wordt aan de nitraatnorm van 11,3 mg N per liter.

Om een indruk te krijgen van de spreiding in opbrengst is gebruik gemaakt van opbrengstgegevens van LEI-BIN-bedrijven (<http://www.lei.wur.nl/NL/statistieken/Binternet>). In Bijlage 5 zijn gemiddelde en spreiding weergegeven van de opbrengsten van een aantal grote akkerbouwgewassen (periode 2001-2005). De gemiddelde opbrengstniveaus kwamen goed overeen met die gehanteerd in het WOG-model (KWIN, Bijlage 3A). Voor de uitgangspunten voor de berekende gemiddelden en spreiding wordt mede verwezen naar Bijlage 5.

Voor de berekeningen zijn vervolgens twee opbrengstgroepen onderscheiden:

- Alle waarnemingen onder het 80%-percentiel (Laag)
- Alle waarnemingen boven het 80%-percentiel (Hoog)

Van beide groepen is vervolgens het gemiddelde berekend (Bijlage 5). Het gemiddelde van groep Laag is gemiddeld over de gewassen op zandgrond 5% lager dan het gemiddelde van alle waarnemingen. Het gemiddelde van groep Hoog is 21% hoger.

Vervolgens is bij beide opbrengstniveaus (Hoog en Laag) nagegaan welke korting nodig is op de gebruiksnorm 2006 om te voldoen aan de nitraatnorm. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bij de naar opbrengst gedifferentieerde gebruiksnorm is aangenomen dat een hoge opbrengst (Hoog) wordt gerealiseerd op 20% van het areaal, terwijl op de overige 80% de lage opbrengst (Laag) van toepassing is. Voor beide opbrengstniveaus (Laag en Hoog) is een kortingspercentage berekend, waarbij voldaan wordt aan de norm van 11,3 mg nitraat-N per liter. In het geval dat er bij een hoge opbrengst geen korting (meer) nodig is, is er bij de lage opbrengst zo gekort dat de areaalgewogen nitraatconcentratie weer 11,3 mg nitraat-N per liter bedraagt.
- Bij een hoge of lage opbrengst is ervan uitgegaan dat alle gewassen in het bouwplan een hogere of lagere opbrengst hebben.
- Voor de te hanteren opbrengstniveaus bij Laag en Hoog is de KWIN-opbrengst als basis genomen. De opbrengst bij Laag en Hoog is vervolgens berekend op basis van de relatieve niveaus zoals

weergegeven in de laatste twee kolommen van Bijlage 5. Hierbij is uitgegaan van de gegevens voor zandgrond.

- Voor de gewassen consumptieaardappel, pootaardappel, zetmeelaardappel, suikerbiet en zomergerst is direct gebruik gemaakt van de relatieve opbrengstniveaus uit Bijlage 5. Voor gewassen, waarvoor geen of onvoldoende gegevens beschikbaar waren op zandgrond, is uitgegaan van de gemiddelde relatieve niveaus van alle gewassen op zand (0,95 en 1,21 voor respectievelijk Laag en Hoog).
- Er is uitgegaan van een gelijk N-gehalte in het geoogst product bij zowel het ongedifferentieerde als het lage en hoge opbrengstniveau.

In Tabel 24 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. Bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 100 kg N per ha bedraagt de benodigde korting voor bedrijven met een hoog opbrengstniveau 0-28%. Om op gebiedsniveau de norm van 11,3 mg nitraat-N per liter niet te overschrijden is tegelijkertijd op bedrijven met een lagere opbrengst een korting van 27-60% nodig. Bij een ongedifferentieerde gebruiksnorm is voor alle bedrijven een korting van 23-54% nodig.

Tabel 24. **Effecten van opbrengstniveau op de noodzakelijke korting van de N-gebruiksnorm (% ten opzichte van gebruiksnorm 2006) van uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen bij een gebruiksniveau van dierlijke mest van 100 kg N per ha.**

Opbrengstniveau	Regio			
	Noord	Midden	Zuid	Zand-totaal
Ongedifferentieerd	23	39	54	38
Gedifferentieerd				
- Laag	27	46	60	45
- Hoog	0	0	28	10

4 Discussie

Algemeen

De voorliggende studie maakt duidelijk dat, om het bovenste grondwater onder bouwland aan de Europese nitraatconcentratie van 11,3 mg nitraat-N per liter te laten voldoen, uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen met veel minder N bemest zouden moeten worden dan toegestaan volgens de N-gebruiksnorm die in 2006 gold. De benodigde korting van deze gebruiksnorm kan worden beperkt door ook niet-uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen mee te korten. De korting kan verder worden beperkt door alle gewasresten te recyclen of door de wettelijke N-werking van dierlijke mest te verhogen. Een beperking van de korting is ook mogelijk door de N-gebruiksnorm van de gewassen snijmaïs en gras extra te verlagen. Bepalend voor uiteindelijke keuzen is het antwoord op de vraag op welk ruimtelijke schaal aan normen voldaan moet worden.

Het verband tussen N-overschot en N-concentratie in grondwater

De beste indicator voor de nitraatconcentratie in landbouwgebieden is de nitraatconcentratie zelf, en wel onder iedere vierkante meter, op iedere denkbare diepte op ieder tijdstip van het jaar. Eisen van doelmatigheid en doeltreffendheid maken het echter nodig om metingen te middelen over grotere ruimtelijke en temporele eenheden, deze metingen vervolgens te relateren aan een afgeleide indicator en deze afgeleide indicator tenslotte krachtens de Nitraatrichtlijn te vertalen in N-gebruiksnormen. De indicator die in deze studie is gebruikt is het N-bodemoverschot na correctie voor ammoniakvervluchtiging en onder aanname dat het N-gehalte van de bodem niet verandert.

In het onderhavige rapport speelt het verband tussen het N-bodemoverschot en de N-concentraties van het bovenste grondwater zoals vastgesteld in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM), een centrale rol. Uit dit verband worden de zogenaamde uitspoelingsfracties afgeleid. De wijze waarop de data binnen LMM verzameld en bewerkt worden, zijn gedocumenteerd door Fraters et al. (2007). De uitspoelingsfractie voor zandgronden is gebaseerd op de N-concentratie in de bovenste meter van het grondwater en voor lössgronden op het bodemvocht tussen 1,5 en 3,0 m beneden maaiveld. Voor de onderbouwing en discussie over de toetsdiepte van nitraat in het grondwater wordt verwezen naar andere studies (Fraters et al., 2006; Willems et al., 2005).

Bij de methode van afleiden van uitspoelingsfracties zijn verschillende kanttekeningen te plaatsen. Eén van deze kanttekeningen heeft betrekking op de vraag of er naijleffecten van bemesting uit het bemestingsverleden en effecten van het scheuren van grasland zijn. Als er naijling optreedt dan zou de uitspoeling die door de huidige bemestingspraktijk wordt veroorzaakt, worden overschat. Naar de invloed van het bemestingsverleden en de mineralisatie van veen op gemeten N-concentraties en, in verband daarmee, de uit LMM afgeleide uitspoelingsfracties, is op verzoek van LNV onlangs een studie afgerond (Schröder et al., 2007b). Daarin werd geconcludeerd dat het bemestingsverleden bij akker- en tuinbouwbedrijven, gemiddeld genomen een verwaarloosbaar effect heeft op de nitraatconcentraties die op dit moment worden gemeten. Ook is niet aannemelijk dat de nitraatconcentraties beïnvloed zijn door het scheuren van grasland. In de eerste plaats bevindt zich op de LMM akkerbouw- en tuinbouwbedrijven niet of nauwelijks grasland. Als dit al het geval is, staan tegenover bouwlandpercelen op gescheurd grasland even zoveel graslandpercelen op voormalig bouwland waar de uitspoeling juist minder is. Per saldo vindt immers de laatste 15 jaar geen noemenswaardige omzetting van grasland in bouwland plaats (bron: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS)).

Overeenkomstig het advies in Schröder et al. (2007b) is bij de analyse van de LMM data wel gecorrigeerd voor de N bijdrage vanuit de mineralisatie van veendeeltjes. Op de bedrijfsbalans van LMM-akkerbouwbedrijven met percelen gelegen op dal- en veengrond werd daartoe een aanvoerpost van 20 kg N per ha per jaar extra ingeboekt voor zover het bedrijf op genoemde grondsoort lag (Schröder et al., 2007b; Fraters et al., 2007). Als gevolg daarvan nam het N-bodemoverschot toe en de berekende uitspoelingsfractie af. Deze correctie zou tot gevolg moeten hebben dat bij het vaststellen van de gebruiksnorm voor akker- en tuinbouwbedrijven op dalgrond ook 20 kg N per ha per jaar als aanvoerpost

van N moet worden ingeboekt, zoals ook bij de vaststelling van gebruiksnormen voor grasland op veengrond is rekening gehouden met de mineralisatie van veen. Een vergelijkbare verrekening zou er toe leiden dat op bouwland bij deze grondsoort een lagere gebruiksnorm zou moeten gelden dan op 'gewone' zandgrond. Een dergelijke verbijzondering heeft in het kader van dit rapport echter niet plaatsgevonden.

Wat betreft het vaststellen van de gebruiksnormen zoals verwoord in dit rapport, wordt voor alle grondsoorten aangenomen dat de omvang en de aard van het N-bodemoverschot over langere termijn bezien geen invloed hebben op het deel van het overschot dat uitspoelt. Vanuit dat gezichtspunt kan dezelfde uitspoelingsfractie worden gebruikt voor akkerbouwgewassen en tuinbouwgewassen. De literatuur bevat data waaruit blijkt dat bij groter overschot relatief minder uitspoelt (Schröder & Van Keulen, 1997) en data die aangeven dat bij groter overschot relatief meer uitspoelt (Van Beek et al., 2003). Vooralsnog is daarom uitgegaan van een uitspoelingsfractie die constant is voor alle N-overschotten, in afwachting van lopend onderzoek naar de noodzaak om hiervoor te differentiëren (Fraters et al., 2007). Het mag overigens ook niet worden uitgesloten dat de uitspoelingsfractie mede afhankelijk is van het soort N-overschot. De fractie die uitspoelt van een overschot dat sterk wordt bepaald door gewasresten, verschilt mogelijk van dat van een overschot dat sterk wordt bepaald door dierlijke mest of achtergebleven minerale bodem-N, niettegenstaande het feit dat de uitspoelingsfractie, gewogen gemiddeld, op grotere schaal toch correct is.

In onafhankelijke en anders samengestelde datasets zijn overigens vergelijkbare uitspoelingsfracties gevonden als die in LMM zijn afgeleid. In het project Telen met Toekomst bedroeg de uitspoelingsfractie op akkerbouwbedrijven waar ook tuinbouwgewassen geteeld werden, op droge zandgrond 79% (De Ruijter et al., 2006). Ook uit de gecombineerde data aangaande N-bodemoverschotten, N-concentraties en neerslagoverschotten in veldproeven met voornamelijk snijmaïs (Corré, 1994; Schröder, 1995; Schröder & Ten Holte, 1993; Schröder et al., 1992, Van Dijk et al., 1995), kan een uitspoelingsfractie op droog zand van circa 120% worden afgeleid. De resultaten uit deze studies en die van LMM geven dus aan dat het N-overschot bij akkerbouw- en tuinbouwgewassen op droge zandgrond min of meer volledig uitspoelt naar het grondwater.

Eerst tijdens uitvoering van het in dit rapport beschreven project, bleek dat CDM-Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (CDM-WOG), lagere richtwaarden voor de biologische N-binding door vlinderbloemigen heeft opgegeven aan de opstellers van N-bodemoverschotten van LMM bedrijven, dan de richtwaarden die diezelfde CDM-WOG hanteert in het onderhavige rapport (Tabel 2). De opgegeven richtwaarden bedragen ongeveer een derde van de thans gehanteerde waarden. Als gevolg daarvan kan het N-bodemoverschot op LMM bedrijven zijn onderschat en de uitspoelingsfractie daarmee zijn overschat. Omdat het aandeel vlinderbloemigen op akker- en tuinbouwbedrijven gering is, zijn de effecten op bedrijfsoverschotten klein. Zo is bij het huidige bouwplanaandeel vlinderbloemigen van gemiddeld 2% op zandgrond (Bijlage 1), de mogelijke onderschatting van het N-bodemoverschot slechts 1 kg N per ha bedrijfsoppervlakte. Aannemende dat het vlinderbloemigenaandeel ook op LMM-bedrijven even gering was (dit is aannemelijk omdat uit CBS-gegevens blijkt dat areaal vlinderbloemigen in de LMM-meetperiode 1991-2005 redelijk stabiel was), heeft de mogelijk onderschatte N-binding een verwaarloosbaar effect op de te berekenen uitspoelingsfracties.

Op grond van het voorgaande achten wij het verantwoord om gebruiksnormen te baseren op de bevindingen van het LMM. Wel dient met nadruk te worden opgemerkt dat de gepresenteerde cijfers i.c. de benodigde procentuele kortingen op de gebruiksnormen uit 2006, met onzekerheden omgeven zijn. Voor een aantal bronnen van variatie is deze onzekerheid expliciet verkend (werking van dierlijke mest, opbrengstniveaus, jaarlijkse variatie van de uitspoelingsfractie). Een bron van variatie waarmee geen rekening gehouden wordt, vormt de afwezigheid van evenwicht tussen de jaarlijkse aanvoer van organische stof en de jaarlijkse afbraak. Zelfs op bedrijfsniveau is hiervan geen sprake omdat genoemde processen verschillend op weer reageren en landbouwbedrijven onder druk van markt, weer en milieu voortdurend op weg zijn naar een nieuw evenwicht maar dit nooit feitelijk bereiken. Ook is geen rekening gehouden met het feit dat de verdeling van zandgronden over de verschillende Gt-klassen ('nat tot droog') afhankelijk is van interpretaties en verlopen in de tijd. Zoals aangegeven zijn de benodigd geachte kortingen mede afhankelijk van de veronderstelde verdeling. Bij het hanteren van de Gt-verdeling volgens de EMW2007 in plaats van die

volgens de hier gebruikte verdeling volgens DR, bleken de benodigde kortingen om binnen het areaal akker- en tuinbouwbedrijven aan de nitraatnorm te voldoen, bijvoorbeeld een kleine 10% (absoluut) hoger. Eén en ander betekent dat de gepresenteerde kortingspercentages met een grote bandbreedte zijn omgeven en meer overeenstemming over, onder meer, de werkelijke Gt-verdeling gewenst is.

Vergelijking met studie regionale compensatie 2005

In 2005 is een eerste verkenning uitgevoerd naar de effecten van regionale compensatie (Van Dijk et al., 2005). Tussen de huidige en de toenmalige studie bestaan de volgende verschillen in uitgangspunten:

- In de toenmalige studie is gebruik gemaakt van een rechtlijnig verband tussen N-aanbod en N-opname in oogstbaar product, nu is een kromlijinig verband gehanteerd.
- In de toenmalige studie is uitgegaan van een vaste bodemlevering van 100 kg N per ha, in onderhavige studie is deze gespecificeerd naar bouwplan- en gebruiksniveau van dierlijke mest.
- De N-gebruiksnorm van een aantal gewassen is in 2006 verhoogd waardoor er minder compensatieruimte resteert.
- De LMM-uitspoelingsfracties en de gemiddelde neerslagoverschotten zijn geactualiseerd.
- In de toenmalige studie is uitgegaan van een gemiddeld landelijk depositieniveau, nu zijn regiospecifieke depositieniveaus gebruikt.

Ondanks de bovengenoemde verschillen zijn de uitkomsten van beide studies zijn redelijk vergelijkbaar. Blijkbaar wordt het negatieve effect van verhoging van de N-gebruiksnorm van een aantal gewassen, waarover sindsdien besluiten genomen zijn, redelijk gecompenseerd door het gunstige effect van hantering van een kromlijinig verband tussen N-aanbod en N-opname en de geactualiseerde uitspoelingsfracties/neerslagoverschotten.

Vergelijking met buitenland

Om te voldoen aan de nitraatnorm moeten voor akker- en tuinbouwgewassen forse kortingen op de gebruiksnorm worden doorgevoerd. Het beleid in Denemarken, echter, acht een korting van de N-adviesgift met 10% voldoende om aan de Nitraatrichtlijn te voldoen (Knudsen, 2003). Hierbij moet wel worden benadrukt dat Denemarken een hoge wettelijke N-werkingscoëfficiënt hanteert voor drijfmest (70-75%) waardoor de feitelijke korting eigenlijk groter is in situaties waarin een dergelijke N-werking van dierlijke mest (nog) niet gehaald wordt. Verder moet opgemerkt worden dat het graanaandeel in Denemarken aanmerkelijk groter is dan in Nederland. In Tabel 25 is nagegaan welk effect een hoger aandeel graan in het bouwplan zou hebben op de vereiste korting. Hieruit blijkt dat de kortingspercentages op zand duidelijk afnemen bij een hoger aandeel graan, maar dat er nog steeds sprake is van een aanzienlijke korting. Op lössgrond is er geen effect van verhoging van aandeel graan op het kortingspercentage. Dit hangt samen met het lagere compenserende effect van graan op löss. Op löss gaat het vooral om wintertarwe, op zandgrond vooral om zomergerst. Laatstgenoemd gewas heeft een lager N-overschot en dus een hogere compenserende waarde. Daarnaast is N-gebruiksnorm van wintertarwe op löss hoger dan op zand (220 versus 160 kg N per ha). Weliswaar is het opbrengstniveau en daarmee de N-afvoer, op löss hoger dan op zand, dit compenseert de hogere N-aanvoer echter onvoldoende, waardoor het N-overschot van wintertarwe op löss per saldo hoger is dan op zand. Ten slotte speelt mee dat verhoging van het aandeel graan ertoe leidt dat de korting op uitspoelingsgevoelige gewassen op een kleiner areaal wordt toegepast, waardoor het kortingspercentage sneller stijgt. Dit speelt uiteraard ook op zandgrond, maar daar wordt dit effect in ruime mate gecompenseerd door het veel lagere N-overschot bij graan.

Tabel 25. **Effect van verhoging aandeel graan in het bouwplan op de vereiste korting van de gebruiksnorm (% ten opzichte van 2006) van akker- en tuinbouwgewassen waarmee voldaan wordt aan de nitraatnorm bij een dierlijke mestgift van 100 kg N per ha in de zandregio's Noord, Midden en Zuid, de zandregio's als geheel en in Löss gebieden.**

Regio	Aandeel graan (%)	Korting (%) gebruiksnorm per gewassoort:		Nitraat-N-concentratie (mg per liter)	Relatieve N-opbrengst (%)	Fosfaat-Overschot (kg P ₂ O ₅ per ha)
		Niet-gevoelige	Wel-gevoelige			
Noord	31 ¹	10	21	11,3	95	15
	67 ²	10	0	9,8	97	9
Midden	38 ¹	10	35	11,3	92	16
	67 ²	10	16	11,3	98	10
Zuid	13 ¹	10	52	11,3	86	21
	67 ²	10	20	11,3	98	8
Zand totaal	26 ¹	10	36	11,3	91	17
	67 ²	10	5	11,3	98	9
Löss	46 ¹	10	54	11,3	90	5
	67 ²	10	58	11,3	92	-1

1 huidig, exclusief korrelmaïs

2 theoretisch (vgl Denemarken)

Overeenkomstig de opdracht zijn de berekeningsuitkomsten steeds uitgedrukt als de procentuele korting van de gebruiksnorm 2006 die nodig is om de nitraatconcentratiedoelstelling te realiseren. Dergelijke getallen laten zich lastig vergelijken met N-giften zoals die in het omringende buitenland, waaronder het eerdergenoemde Denemarken, geadviseerd worden. In Tabel 26 wordt de Nederlandse gebruiksnorm 2006 (niveau bemestingsadvies) van een aantal grotere gewassen vergeleken met het N-bemestingsadvies in Engeland, Duitsland en Denemarken, alsmede de procentuele afwijking van de Nederlandse gebruiksnorm 2006 van die buitenlandse adviezen. Uit die tabel blijkt dat de gebruiksnorm 2006 in alle gevallen, met uitzondering van zomergerst, hoger ligt dan de adviesgiften elders. Dat betekent dat gebruiksnormen na het doorvoeren van een korting niet noodzakelijkerwijs onder buitenlandse adviezen terechtkomen. Naar de oorzaken van de geconstateerde verschillen tussen landen zou nader onderzoek moeten plaatsvinden.

Tabel 26. **Vergelijking N-gebruiksnorm 2006 in Nederland met buitenlandse N-bemestingsadviezen (UK: <http://www.defra.gov.uk/farm/environment/land-manage/nutrient/fert/rb209/index.htm>; DK: Knudsen, L. (2003) en persoonlijke mededeling (2007) van R. Grant (National Environmental Research Institute, Denemarken); BRD: www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/ackerbau en Fink (2003)).**

Gewas	Land:				
	UK (kg N per ha)	DK (kg N per ha)	BRD (kg N per ha)	Nederland (kg N per ha)	Afwijking (%)
Wintertarwe	160	185 (170-195)	180 (170-190)	190 (160-220)	+3% tot +19%
Zomergerst	135 (125-150)	120 (130-150)	100 (90-110)	80	-20% tot -41%
Aardappelen	205 (160-250)	180 (150-210)	150 (90-210)	265 (240-290)	+29% tot +77%
Suikerbiet	120	135 (120-145)	140	150	+7% tot +25%
Prei	200	235 (220-250)	205 (200-210)	245	+4% tot +23%
Witte kool	300	305 (290-315)	255 (210-300)	320	+7% tot 25%
Peen	110	125 (110-140)	60	80 (50-110)	-36% tot +33%
Snijmaïs	120	-	150	155	+3% tot +29%

Vergelijking met uitkomsten Evaluatie Meststoffenwet 2007

Bij de Evaluatie Meststoffenwet 2007 (EMW) zijn met het Stone-instrumentarium modelberekeningen uitgevoerd naar de gevolgen van aanscherping van de N-gebruiksnormen op de verwachte nitraatconcentratie in het bovenste grondwater (Anonymus, 2007). In Tabel 27 zijn de uitkomsten weergegeven voor de variant op zandgrond, waarbij de N-gebruiksnorm van *uitspoelingsgevoelige* akker- en

tuinbouwgewassen met 10% is gekort ten opzichte van 2006. Voor de niet-uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen is uitgegaan van de gebruiksnorm van 2006 (geen korting), voor snijmaïs en grasland is uitgegaan van de reeds wettelijk vastgelegde gebruiksnorm van 2009. Voor dit scenario zijn tevens de uitkomsten weergegeven, zoals berekend met het WOG-model. Voor bijgaande modelvergelijking is uitgegaan van de dierlijke mest- en kunstmestgiften, zoals die zijn gebruikt in de EMW niettegenstaande het feit dat in de EMW studie is aangenomen dat de opvulling van de gebruiksnorm voor werkzame N bij grasland in mindere mate met dierlijke mest is gebeurd dan in de WOG-studie. In de EMW werd het verwachte dierlijke mest- en kunstmestgebruik in 2009 modelmatig berekend, terwijl in, bijvoorbeeld, het onderhavige rapport de gebruiksnorm van gras maximaal met dierlijke mest is opgevuld. In onze verkenning van het effect van het meekorten van grasland (paragraaf 3.2.2) is dan ook niet uitgegaan van de modelmatige berekening van het gebruik van dierlijke mest en kunstmest op grasland in 2009, maar van een gebruik zoals de huidige gebruiksnorm voor dierlijke mest dat toestaat. Dat betekent dat in de desbetreffende scenario's is uitgegaan van 284 kg dierlijke mest-N per ha grasland ten einde op bedrijfsniveau bij een gras:maïs-verhouding van 70:30 en een dierlijk mestgebruik van 170 kg mest-N per ha op het maïsland, precies op 250 kg mest-N per ha uit te komen. Voor de door ons gevolgde benadering pleit dat zij de effecten van het meekorten van grasland beziet vanuit de mogelijkheid dat de vastgestelde gebruiksnormen voor grasland ergens of ooit onder de druk van markt en weer volledig opgevuld kunnen worden.

Verder gebruikt de WOG een statisch model met een verondersteld evenwicht tussen aanvoer en afvoer, terwijl EMW een dynamisch model hanteert met veronderstellingen over mineralisatie en immobilisatie bij verschillende vormen van landgebruik. Daardoor geeft de EMW-studie met het Stone-instrumentarium nitraatconcentraties die veranderen met de tijd (zie ook Tabel 27, waarin uitkomsten zijn gegeven voor twee periodes), terwijl de WOG nitraatconcentraties voorspelt zoals die in een 'eindsituatie' zouden optreden. Het beeld dat uit Tabel 27 allereerst naar voren komt is dat beide modellen bij vergelijkbare mest- en kunstmestgiften aangeven dat, gemiddeld over het gehele zandgebied, bij een korting van 10% op de gebruiksnorm van uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen min of meer aan de nitraatdoelstelling wordt voldaan, althans bij de veronderstelde invullingen van de gebruiksnormen met kunstmest dan wel dierlijke mest. Dit is niet geheel verwonderlijk omdat beide modellen geënt zijn op het LMM. Verder valt op dat beide modellen aangeven dat met de genoemde korting op de schaal van akker- en tuinbouwgewassen niet voldaan wordt aan de nitraatnorm. Overigens voorspelt het Stone model voor de periode 2015-2020, bij gelijke mest- en kunstmestgiften een lagere nitraatconcentratie onder akker- en tuinbouwland dan het WOG model, terwijl de overeenstemming tussen de uitkomst van beide modellen voor snijmaïs en grasland redelijk is. Eén van de oorzaken van de gevonden verschillen is wellicht het verschil in de mate waarin beide modellen middelen alvorens bepaalde berekeningsstappen uit te voeren. Naar deze en mogelijk andere oorzaken zal nader onderzoek worden uitgevoerd.

Tabel 27. Dierlijke mest en kunstmest-N-giften en berekende nitraat-N-concentraties (mg N per liter) op zandgrond volgens het WOG- en Stonemodel bij het scenario, waarbij de gebruiksnorm van uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen met 10% is gekort ten opzichte van 2006, voor niet-uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen het gebruiksnormniveau van 2006 is gehanteerd, en voor snijmaïs en grasland is uitgegaan van de gebruiksnorm van 2009.

	Model	Akker- en tuinbouw	Snijmaïs	Grasland	Totaal cultuurland zand
Dierlijke mest-N (kg per ha)*		113	181	200	
Kunstmest-N (kg per ha)		86	54	169	
Nitraat-N-concentratie (mg per liter)	WOG	18,4	14,1	7,9	12,0
	Stone 2010-2015	15,6-16,3	14,5-16,5	9,9-10,8	12,9-13,1
	Stone 2015-2020	12,4-15,1	12,9-14,4	7,7-10,2	10,2-12,4

*Vóór aftrek van 5% van de N-totaal tengevolge van gasvormige verliezen tijdens toediening en (bij grasland) beweiding

Efficiëntieverhogende maatregelen

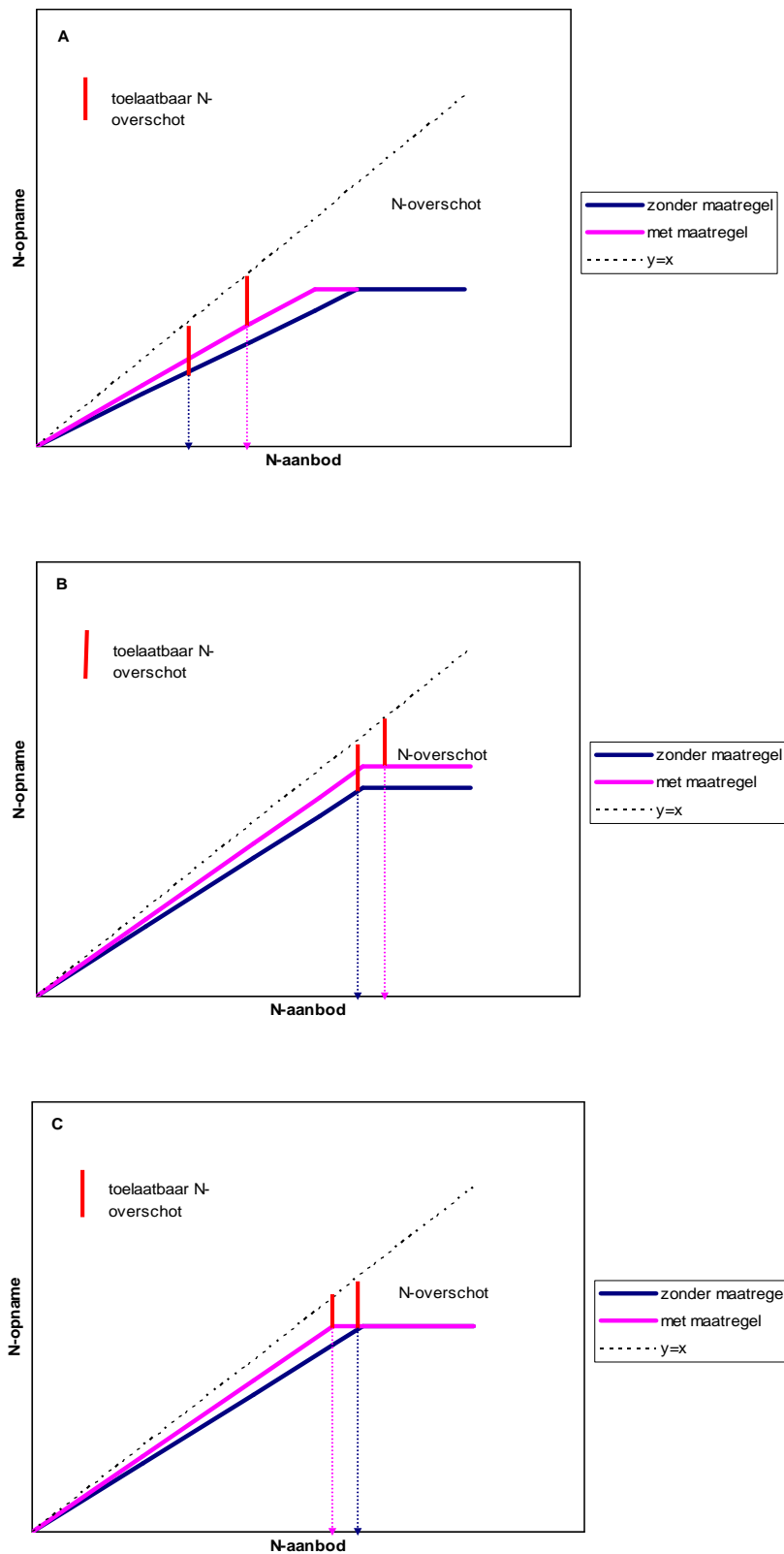
In deze studie zijn een aantal efficiëntieverhogende maatregelen doorgerekend. Afhankelijk van de gekozen maatregel kon de korting op de gebruiksnorm daarmee in meer of minder mate worden beperkt. Benadrukt moet worden dat een efficiëntieverhogende maatregel niet per definitie leidt tot een hogere toegestane gebruiksnorm (zie ter illustratie ook Figuur 1). Als een milieukundig verantwoorde gebruiksnorm zich, zoals bij uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen, (ver) onder de N-adviesgift bevindt, leidt een efficiëntieverbetering hoe dan ook tot verhoogde N-afvoer en een verlaagd N-overschot. De gebruiksnorm kan dan verhoogd worden (Figuur 1A). Als een milieukundig verantwoorde gebruiksnorm zich op of nabij de N-adviesgift bevindt en de efficiëntieverbetering tot een verhoogde N afvoer leidt, kan de gebruiksnorm ook verhoogd worden (Figuur 1B). Als een milieukundig verantwoorde gebruiksnorm zich op of nabij de N-adviesgift bevindt en de efficiëntieverbetering *niet* tot een verhoogde N-afvoer leidt, kan de gebruiksnorm verlaagd worden. Op die manier ontstaat op regionaal niveau ruimte om de gebruiksnorm voor andere gewassen te verruimen (Figuur 1C).

Bij maatregelen gericht op een efficiënter gebruik van organische mest, dient te worden opgemerkt dat bij de berekeningen in het onderhavige rapport al rekening is gehouden met een relatief lage onwerkzaamheid van organische meststoffen; de ruimte voor verbetering is dus beperkt.

Benadrukt moet worden dat elke verruiming van een gebruiksnorm in specifieke gevallen ('differentiatie') consequenties heeft voor de wettelijk te stellen randvoorwaarden (teelt van vanggewassen en de wijze waarop, opbrengstregistratie, afvoer en eventueel opnieuw inboeken van gewasresten) en wettelijk te hanteren werkingscoëfficiënten voor de diverse N bronnen.

Eén van de doorgerekende maatregelen betrof de zaai van een wintergewas. In de berekeningen is uitgegaan van een onbemest gewas *zonder* inrekening van een gebruiksnorm voor dit wintergewas. Onder bepaalde voorwaarden (zaai vóór 1 september, minimaal 10 weken tussen zaai en onderwerken) mag een N-gebruiksnorm voor een wintergewas worden ingerekend. Berekeningen van Smit et al. (2006) hebben echter laten zien dat in dat geval het N-overschot juist stijgt in plaats van afneemt.

Bij het afvoeren of recyclen van gewasresten moet worden bedacht dat het bij veel gewassen technisch (nog) niet mogelijk is deze af te voeren. Dit vergt veelal een aanpassing in de oogstmechanisatie. Alleen bij gewassen waarbij de gewasresten ontstaan bij de verwerking buiten het veld (schonen, wassen) is deze maatregel eenvoudiger uitvoerbaar (bijvoorbeeld prei).



Figuur 1. Schematische weergave van relatie tussen N-gebruiksnorm en N-opname zonder en met een efficiëntieverhogende maatregel (zie tekst voor toelichting op figuren A-C (verschil tussen $y=x$ -lijn en N-opname geeft overschot)).

Soort organische mest

Bij de berekeningen is uitgegaan van een wettelijke en landbouwkundige N-werkingscoëfficiënt van respectievelijk 60 en 70% gebaseerd op varkensdrijfmest. Bij gebruik van organische mestsoorten, waarbij het verschil tussen de wettelijke en landbouwkundige N-werking geringer is (bijvoorbeeld vaste kippenmest), zal de benodigde korting hoger zijn. Mestsoorten verschillen ook in hun stikstof-fosfaat verhouding. Als zodanig zullen de in deze studie berekende fosfaatoverschotten en -tekorten bij gebruik van andere mestsoorten verschillen van de in deze studie gebruikte varkensdrijfmest.

Opbrengstniveau in relatie tot N-gebruiksnorm

In deze studie is ook verkend in welke mate het opbrengstniveau de hoogte van de milieukundig verantwoorde N-gebruiksnorm beïnvloedt. Het opbrengstniveau bleek een relatief sterk effect te hebben. Hierbij moet wel de kanttekening worden gemaakt dat is uitgegaan van een gelijkblijvend N-gehalte bij hogere opbrengsten. In een eerder uitgevoerde studie uitgevoerd naar variatie in stikstof- en fosfaatafvoer bij akker- en tuinbouwgewassen was het verband tussen opbrengst en N-gehalte in het algemeen zwak (Van der Schoot & van Dijk, 2000). Wel was het verband in het algemeen negatief. Dit komt overeen met het verdunningseffect dat bij stijging van de opbrengst verwacht wordt bij gewassen die optimaal met N bemest worden en waar de opbrengststijging een andere oorzaak heeft dan de N-voorziening (vochtvoorziening, gewasbescherming, rassenkeuze, etc.).

Verder zij nog eens benadrukt dat een eventuele verhoging van de gebruiksnorm bij hoge opbrengstniveaus dient te worden gecompenseerd door een verlaging bij lagere opbrengstniveaus om de nitraatnorm niet alsnog op gebiedsniveau te overschrijden.

Respons N-opname versus opbrengst

Bij de verschillende scenario's is ook aangegeven in hoeverre de N-opname afneemt ten opzichte van het niveau behorend bij de gebruiksnorm 2006. Benadrukt moet worden dat de reactie van de N-opname op verlaging van de N-bemesting afwijkt van die van de marktbaar opbrengst. Bij veel gewassen reageert de opbrengst minder sterk op een lagere N-bemesting dan de N-opname. In een recentelijk uitgevoerde studie naar de N-respons van akker- en tuinbouwgewassen (Van Dijk et al., 2007b) liep de relatieve daling van de N-opname bij halvering van de N-gebruiksnorm (niveau 2006) uiteen van 10-35%. De opbrengstdaling varieerde tussen 5 en 20%. Het verschil is vooral een gevolg van luxe consumptie. Als de opbrengst niet verder toeneemt, blijft de N-opname nog wel stijgen waardoor het N-gehalte en de N-onttrekking stijgt. In specifieke gevallen (o.a. bepaalde vollegrondsgroenten, bloembollen) kan de daling van de marktbaar opbrengst sterker zijn dan zojuist aangegeven. Dit bijvoorbeeld het geval wanneer als gevolg van de suboptimale bemesting een sterke kwaliteitsdaling plaatsvindt en het product minder goed of niet meer vermarktbaar is.

Overigens zij opgemerkt dat de wiskundige beschrijving van de reactie van de opbrengst op verlaging van de N-bemesting, afhankelijk is van het gekozen regressiemodel (Cerrato & Blackmer, 1990). Daarmee zijn ook berekeningen van de N-onttrekking, het N-overschot en vanuit de Nitraatrichtlijn verantwoorde N-giften, afhankelijk van het gekozen model. De gevoeligheid van uitkomsten hiervoor rechtvaardigt nader onderzoek.

Fosfaatoverschot

Bij de in deze studie onderzochte varkensdrijfmestgiften (100 en 135 kg N per ha) is er sprake van fosfaatophoping (overschot bedraagt 15-40 kg P_2O_5 per ha (zand) en 0-30 kg P_2O_5 per ha (löss) bij de genoemde mestniveaus, en afhankelijk van de mate waarin gekort wordt op de N-gebruiksnorm). Wanneer het gebruik van dierlijke mest wordt teruggebracht naar het P-onttrekkingsniveau van het zandbouwplan (circa 45 kg P_2O_5 per ha), zoals fosfaatonttrekking ook leidend was bij de derogatiestudie, is een minder sterke korting nodig dan die bij dierlijke mestgiften waarbij de fosfaataanvoer de afvoer overtreft. Vanzelfsprekend hangen deze effecten samen met de N/P verhouding in mest die een functie zijn van diersoort, veevoeding en mestbewerkingstechnieken.

Voor verdere informatie met betrekking tot fosfaatgebruiksnormen in de akker- en tuinbouw wordt verwezen naar de resultaten van een CDM-studie naar differentiatie van fosfaatgebruiksnormen die onlangs is afgerond (Van Dijk et al., 2007c).

Korrelmaïs versus snijmaïs

In de berekeningen is ervan uitgegaan dat de maïs op akker- en tuinbouwbedrijven is geoogst als korrelmaïs. Zoals reeds eerder aangegeven is het mogelijk dat de opgegeven korrelmaïs toch als snijmaïs is geoogst. Snijmaïs heeft een lager N-bodemoverschot door een hogere N-afvoer waardoor er meer gebruikruimte ontstaat in een regio. Ter illustratie is in Tabel 28 weergegeven hoe hoog de kortingen zouden moeten zijn wanneer de maïs niet is geoogst als korrelmaïs maar als snijmaïs. Er is uitgegaan van een gemiddeld opbrengstniveau van 13 ton drogestof per ha met een N-gehalte van 1,3%.

Met name in de regio Zuid waar relatief veel maïs op akker- en tuinbouwbedrijven wordt geteeld, is de benodigde korting circa 10% (absoluut) lager, indien het gewas als snijmaïs wordt geoogst. Het is echter van tevoren niet altijd bekend met welk doel de maïs wordt geteeld. Dit hangt af van de afrijpingsomstandigheden en de prijs van de snijmaïs in een bepaalde regio.

Tabel 28. **Effect van teeltwijze maïs op de noodzakelijke korting N-gebruiksnorm (% ten opzichte van gebruiksnorm 2006) van uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen bij een dierlijke mest niveau van 100 kg N per ha.**

	Noord	Midden	Zuid	Zand-totaal	Löss
Aandeel maïs op AT-bedrijven (%)	0,6	9,6	20,1	9,1	2,9
Teeltdoel					
- Korrelmaïs	23	39	54	38	67
- Snijmaïs	23	32	43	33	65

5 Conclusies

De studie maakt duidelijk dat, om het bovenste grondwater onder bouwland aan de Europese nitraatnorm te laten voldoen, uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen met veel minder N bemest zouden moeten worden dan toegestaan volgens de N-gebruiksnorm die in 2006 gold.

Hieronder worden voor de verschillende onderdelen van de studie de belangrijkste conclusies weergegeven.

Gewasniveau

- Indien geen gebruik wordt gemaakt van regionale verevening loopt de benodigde korting voor akker- en tuinbouwgewassen uiteen van 0 tot 90%. Op lössgrond is de korting hoger dan op zandgrond, terwijl binnen het zandgebied de korting het hoogst is in de regio Zuid.

Regioniveau

Zonder efficiëntieverhogende maatregelen

- De benodigde korting op de N-gebruiksnorm van *uitspoelingsgevoelige* akker- en tuinbouwgewassen om op regioniveau te voldoen aan de nitraatnorm, bedraagt voor een gebruiksniveau van varkensdrijfmest van 100 kg N per ha 23-54% voor zand en 67% voor löss. Bij een gebruiksniveau van mest van 135 kg N per ha bedragen de kortingspercentages 36-61% voor zand en 91% voor löss.
- Bij de hierboven genoemde varkensdrijfmestgiften (100 en 135 kg N per ha) en kortingspercentages is er sprake van fosfaatophoping (overschot bedraagt circa 15 en 40 kg P_2O_5 per ha (zand) en 5 en 30 kg P_2O_5 per ha (löss) bij de genoemde dierlijke mestniveaus). Wanneer wordt uitgegaan van een varkensdrijfmestgift waarvan de fosfaathouding min of meer overeenstemt met de fosfaatonttrekking van het zandbouwplan (circa 45 kg P_2O_5 per ha), is de benodigde korting op de gebruiksnorm van uitspoelingsgevoelige gewassen lager (11-41% voor zand en 46% voor löss).
- Wanneer niet alleen de uitspoelingsgevoelige maar ook de niet-uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen in dezelfde mate worden meegekort, dan is bij een gebruik van dierlijke mest van 100 kg N per ha in de vorm van varkensdrijfmest, een korting nodig van 19-44% voor zand en 32% voor löss.

Met efficiëntieverhogende maatregelen

- Met efficiëntieverhogende maatregelen kan de benodigde korting worden verminderd. Door alle verwijderbare gewasresten af te voeren en te recyclen kan de korting met maximaal 12-17% (absoluut) worden verlaagd. Het effect wordt, vanwege het relatief hoge bouwplanaandeel en de hoge N-inhoud van de gewasrest, vooral bepaald door het verwijderen van de gewasresten van suikerbieten. Het afvoeren van gewasresten is echter bij veel gewassen technisch (nog) niet mogelijk.
- Met het hanteren van een hogere wettelijke N-werkingscoëfficiënt (70 i.p.v. 60%) is de korting circa 7-11% (absoluut) lager. Een vergelijkbaar effect wordt bereikt indien bij een wettelijke N-werking van 60% een landbouwkundige N-werking van 80% wordt bereikt (bijvoorbeeld door mestbewerking).
- Het effect van het zaaien van een wintergewas is gering, omdat er in de bouwplannen weinig ruimte is voor vroeg gezaaide vanggewassen.
- Door maatregelen te combineren (recyclen van gewasresten, hogere wettelijke N-werkingscoëfficiënt en daar waar mogelijk een wintergewas te telen) en alle akker- en tuinbouwgewassen in gelijke mate te korten zou bij een dierlijke mestgift van 100 kg N per ha de korting beperkt kunnen blijven tot 3-26% voor zand en 17% voor löss. Bij een dierlijke mestgift van 65 kg N per ha zou de benodigde korting dan 0-18% bedragen.

Meekorten snijmaïs en grasland

- Door in de regio's snijmaïs in dezelfde mate als akker- en tuinbouwgewassen (zowel wel als niet uitspoelingsgevoelige) mee te korten zou bij een dierlijke mestgift van 100 kg N per ha een korting nodig zijn van 7-26% voor zand en 30% voor löss. Zonder het meekorten van snijmaïs bedraagt de korting voor zandgrond 19-44% en 32% voor löss.

- Het tevens meekorten van de gebruiksnorm voor grasland met 10% ten opzichte van 2006 heeft weinig effect op de benodigde korting voor akker- en tuinbouwgewassen. Dat komt, omdat de graslandnorm zich dan ongeveer op het niveau van 2009 bevindt, waarmee net voldaan wordt aan de nitraatnorm. Het grasareaal levert dan geen extra compensatieruimte voor de bouwlandgewassen. Bij een korting van 20% ten opzichte van de gebruiksnorm 2006 kan de korting op akker- en tuinbouwgewassen (zowel wel als niet uitspoelingsgevoelige) en maïs op zandgrond beperkt blijven tot 0-19%, althans op zandgronden als totaal. Op lössgrond is een nog sterkere korting van de graslandgebruiksnorm nodig om kortingen op akker- en tuinbouwgewassen en maïs extra ruimte te bieden.

Ruimere nitraatnorm

- Indien de te realiseren nitraatconcentratie zou worden verhoogd met 10% (12,4 mg N per liter), dan bedraagt bij een dierlijke mestgift van 100 kg N per ha de benodigde korting bij uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen 16-46% voor zand en 56% voor löss. Bij een 20% hogere nitraatdoelstelling (13,6 mg N per liter) loopt de korting uiteen van 8-37% voor zand en 44% voor löss.

Opbrengstniveau in relatie tot de gebruiksnorm

- Uit een analyse van opbrengstgegevens van LEI-BIN-bedrijven bleek dat bij 20% van alle opbrengstwaarnemingen de opbrengst ruim 20% hoger was dan het gemiddelde van alle waarnemingen. Bij de overige 80% van de waarnemingen was de opbrengst circa 5% lager. Op zandgrond zou bij een ruim 20% hogere opbrengst dan gemiddeld de korting voor de uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen 0-28% bedragen ten opzichte van 23-54% bij een gemiddelde opbrengst. Om op deze bedrijven een hogere gebruiksnorm toe te staan is, om op regioniveau de nitraatnorm niet te overschrijden, op bedrijven met een lagere opbrengst (5% lager op 80% van de bedrijven) tegelijkertijd een hogere korting vereist (27-60%).

6 Literatuur

- Anonymus, 1991. Directive of the Council of December 12, 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). European Commission, Brussels, pp. 1-8.
- Anonymus, 2004. Milieucompendium, CBS/RIVM, Bilthoven, <http://www.rivm.milieuennatuurcompendium/nl>
- Anonymus, 2007. Werking van de meststoffenwet 2006. Milieu- en natuurplanbureau, Bilthoven, 203 pp.
- Beukeboom, J.A., 1996. Kiezen uit Gehalten 3. Forfaitaire gehalten voor de Mineralenboekhouding. Publicatie IKC-Landbouw, 22 pp.
- Carton, O.T. & S.C. Jarvis, 2001. N and P cycles in agriculture. In: De Clercq, P., A.C. Gertsis, G. Hofman, S.C. Jarvis, J.J. Neeteson & F. Sinabell (Eds). Nutrient Management Legislation in European Countries. Department of Soil Management and Soil Care, Ghent, 4-13
- Cerrato, M.E. & A.M. Blackmer, 1990. Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. *Agonomy Journal* 82, 138-143.
- Corré, W.J., 1994. Nitraatuitspoeling bij herfsttoediening van dierlijke mest. Rapport 2, AB-DLO, Haren, 27 pp.
- De Klijne A., A. E. J. Hooijboer, D. W. Bakker, O. F. Schoumans & A van den Ham, 2007. Milieukwaliteit en nutriëntenbelasting. Achtergrondrapport milieukwaliteit van de Evaluatie Meststoffenwet 2007. RIVM rapport nr. 68013000. Bilthoven 81 p.
- De Ruijter, F.J. & A.L. Smit, 2007. Het lot van stikstof uit gewasresten. *Plant Research International*, rapport nr. 133, 33 pp.
- De Ruijter, F.J., L.J.M. Boumans & P. van Asperen, 2006. Grondwaterkwaliteit op open teelt bedrijven op zandgrond. Rapport OV0601, Telen met Toekomst, PPO-PRI-DLV-RIVM, Wageningen, 16 pp.
- De Wolf, M. & A. van der Klooster, 2006. Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2006. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, PPO-publicatie nr. 354, 286 pp.
- Fink, M., 2003. Düngung im Freilandgemüsebau. Datenbasis für eine erfolgreiche Düngung im Freilandgemüsebau. Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt, 266 pp.
- Fraters, B., L.J.M. Boumans, T.C. van Leeuwen & J.W. van Reijs, 2007. De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM rapport 680716002 (in voorbereiding).
- Fraters, B., L.J.M. Bouwman, B.G. van Elzakker, L.F.L. Gast, J. Griffioen, G.T. Klave, J.A. Nelemans, G.J. Velthof & H. Veld, 2006. Een nieuwe toetsdiepte voor nitraat in grondwater? Eindrapport van het onderzoek naar de mogelijkheden voor een toetsdieptemetnet. Bilthoven, RIVM rapport nr. 680100005.
- Galloway, J.N., 1998. The global nitrogen cycle: changes and consequences. *J. Env. Poll.* 102 S1: 15-24
- Isermann, K., 1993. Territorial, continental and global aspects of C, N, P and S emissions from agricultural ecosystems. In: R. Wollast, F.T. Mackenzie & L. Chou(Eds). Interactions of C, N, P and S. Biochemical Cycles and global change. Springer Verlag, Berlin, 79-121

- Knudsen, L., 2003. Nitrogen input controls on Danish farms; agronomic, economic and environmental effects. Proceedings 520, International Fertiliser Society, 26 pp.
- Rabalais, N.N., 2002. Nitrogen in aquatic ecosystems. *Ambio* 31 (2), 102-112
- Schröder, J.J., 1995. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze (zandgrond) 1974-1982. PAGV-verslag 31, PAGV, Lelystad, 101 pp.
- Schröder, J.J. & L. ten Holte, 1993. De invloed van nitrificatieremmers, toedieningstijdstip en dosering van organische en minerale stikstof op de opbrengst van snijmaïs en de verliezen naar het milieu. CABO-DLO-verslag 179, CABO-DLO, Wageningen, 52 pp.
- Schröder, J.J. & H. van Keulen, 1997. Modelling the residual N effect of slurry applied to maize land on dairy farms in the Netherlands. *Neth. J. Agr. Sci.* 45, 477-494.
- Schröder, J.J., L. Ten Holte & B.H. Janssen, 1997. Non-overwintering cover crops: a significant source of N. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45: 231-248.
- Schröder, J., L. ten Holte, W. van Dijk, W.J.M. de Groot, W.A. de Boer, E.J. Jansen, 1992. Effecten van wintergewassen op de uitspoeling van stikstof bij de teelt van snijmaïs. Verslag 148. PAGV, Lelystad, 105 pp.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems, 2004. Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. *Plant Research International*, rapport nr. 79, Wageningen, 60 pp.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems, 2005. Limits to the use of manure and mineral fertilizer in grass and silage maize production in The Netherlands, with special reference to the EU Nitrates Directive. *PRI rapport 93*, WUR/RIVM, Wageningen/De Bilt, 48 pp
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems, 2007a. Permissible manure and fertilizer use in dairy farming systems on sandy soils in The Netherlands to comply with the Nitrates Directive target. *European Journal of Agronomy* 27, 102-114.
- Schröder, J.J., G.L. Velthof, J.R. van der Schoot & W. van Dijk, 2007b. Effect van nalevering op het stikstofoverschot van akker- en tuinbouwbedrijven en van melkveebedrijven. *Nota 492*, *Plant Research International*, Wageningen (in druk).
- Schröder, J.J., D Uenk, & G.J. Hilhorst, 2007c. Long-term nitrogen fertilizer replacement value of cattle manures applied to cut grassland. *Plant & Soil* 299: 83-99.
- Smit, A.L., 1994. Stikstofbenutting. In: *Themadag Stikstofstromen in de vollegrondsgroenteteelt*. Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, themaboekje nr. 18, p. 9-22.
- Smit, A.L., J.F.F.P. Bos, W. van Dijk, A.M. v. Dam, A.A. Pronk, F.J. de Ruijter, J. R. van der Schoot en B. van der Sluis, 2006. "Kosteneffectieve maatregelen(pakketten) onder het nieuwe gebruiksnormenstelsel voor de sectoren akkerbouw, vollegrondsgroenten, bollen en bomen." *Plant Research International (Rapport 122)*: 60 pp, 3 bijlagen.

- Van Beek, C.L., L. Brouwer & O. Oenema, 2003. The use of farmgate balances and soil surface balances as estimator for nitrogen leaching to surface water. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 67, 233-244.
- Van der Schoot, J.R. & W. van Dijk, 2000. N/P-afvoer bij akkerbouw- en vollegrondsgroente-gewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, projectrapport, Lelystad.
- Van Dijk, W., J.J. Schröder, L. ten Holte & W.J.M. de Groot, 1995. Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teelt van snijmaïs. Verslag 201, PAGV, Lelystad, 97 pp
- Van Dijk, W. van, J.G. Conijn, J.F.M. Huijsmans, J.C. van Middelkoop & K.B. Zwart, 2004. Onderbouwing N-werkingscoëfficiënt organische mest. Studie ten behoeve van onderbouwing gebruiksnormen. PPO-publicatie nr. 343, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 337, Lelystad, 63 pp.
- Van Dijk, W. van, A.M. van Dam, F.J. de Ruijter, J.C. van Middelkoop & K.B. Zwart, 2005. Onderbouwing N-werkingscoëfficiënt overige organische meststoffen. Studie ten behoeve van onderbouwing gebruiksnormen. PPO-publicatie nr. 343, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad, 50 pp.
- Van Dijk, W., H. Prins, M.H.A. de Haan, A.G. Evers, A.L. Smit, J.F.F.P. Bos, J.R. van der Schoot, R. Schreuder, J.W. van der Wekken, A.M. van Dam, H. van Reuler & R. van der Maas, 2007a. Economische consequenties van gebruiksnormenstelsel 2006-2009 voor melkveehouderij en akker- en tuinbouw. Studie i.k.v. Evaluatie Meststoffenwet 2007. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 365, Lelystad (in voorbereiding).
- Van Dijk, W. van, S. Burgers, H.F.M. ten Berge, A.M. van Dam, W.C.A. van Geel & J.R. van der Schoot, 2007b. Effecten van verlaagde N-bemesting op opbrengst en kwaliteit van akker- en tuinbouwgewassen. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 366, Lelystad (in voorbereiding).
- Van Dijk, W. van, P.H.M. Dekker, H.F.M. ten Berge, A.L. Smit & J.R. van der Schoot, 2007c. Gevolgen van aanscherping en differentiatie van fosfaatgebruiksnormen voor de akker- en tuinbouw. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 367 (in voorbereiding).
- Van Dijk, W., L. Kater & H. van Reuler, 2005. Verkenning gebiedsgerichte gebruiksnormen akker- en tuinbouwgewassen op zandgrond. PPO-publicatie nr. 346, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad, 35 pp.
- Van Dijk, W. & W.C.A. van Geel, 2007. Adviesbasis Bemesting Akkerbouw- en Vollegrondsgroentegewassen, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad.
- Velthof, G.L. & O. Oenema, 1990. In-situ measurements of ammonia volatilization from urea and calcium ammonium nitrate applied to grassland. *Meststoffen* 1990 (1-2), 41-45.
- Velthof, G.L. & B. Fraters, 2007. *Nitraatuitspoeling in duinzand en lössgronden*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-rapport 54.
- Willems, W.J., J. Kamps, O.F. Schoumans en G.L. Velthof, 2005. Milieukwaliteit en verliesnormen, Achtergrondrapport Milieu van de Evaluatie Meststoffenwet 2004. MNP rapport nr 500031002, Bilthoven 115 p.

Bijlage 1 Bouwplansamenstelling (%) voor de verschillende regio's.

Gewas	N-inhoud gewasrest (kg N per ha)	Uitspoelingsgevoelig	Aandeel in bouwplan (%)				
			Noord	Midden	Zuid	Samen	Löss
Erwten (conserven)	150	Nee	0,02	0,20	2,30	0,88	0,38
Broccoli	150	Ja	0,01	0,01	0,05	0,03	0,02
Bloemkool	120	Ja	0,00	0,06	0,19	0,08	0,12
Spruitkool	165	Ja	0,01	0,00	0,13	0,05	0,01
Prei	80	Ja	0,02	0,14	2,46	0,93	0,03
Aardbei	40	Ja	0,00	0,04	0,88	0,33	0,18
Sluitkool	145	Ja	0,00	0,01	0,11	0,04	0,04
Knolselderij	60	Ja	0,00	0,00	0,12	0,05	0,02
Spinazie	70	Ja	0,03	0,02	0,30	0,13	0,00
Consumptieaardappelen	60	Ja	2,15	7,70	17,00	8,41	14,79
Chinees kool	180	Ja	0,00	0,01	0,10	0,04	0,09
Lelie	50	Ja	1,06	1,52	1,18	1,18	0,00
Tulp	55	Ja	0,06	0,07	0,14	0,09	0,00
Stamslabonen	85	Ja	0,22	0,06	1,79	0,77	0,09
Iris	40	Ja	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00
Gladiol	95	Ja	0,01	0,76	0,47	0,29	0,00
Zetmeelaardappel	60	Ja	39,43	17,16	0,05	21,86	0,01
Kroten	90	Ja	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00
Graszaad	83	Ja	1,38	1,89	1,64	1,56	0,56
Mais, korrel-	70	Ja	0,62	9,63	20,10	9,08	2,87
Narcis	55	Ja	0,00	0,24	0,05	0,06	0,00
Sla	140	Ja	0,01	0,01	0,39	0,15	0,00
Plantui	20	Ja	0,00	0,06	0,31	0,12	0,11
Koolzaad	45	Ja	0,16	0,08	0,13	0,14	0,08
Asperge	100	Ja	0,03	0,12	1,89	0,72	0,13
Triticale	43	Ja	0,24	5,51	1,79	1,60	1,00
Bieten, suiker-	120	Ja	17,15	9,04	14,16	14,90	27,38
Krokus	35	Ja	0,00	0,09	0,01	0,02	0,00
Andijvie	100	Ja	0,00	0,02	0,11	0,04	0,00
Witlof	40	Nee	0,00	0,03	0,08	0,03	0,27
Schorseneer	45	Nee	0,00	0,02	1,10	0,40	0,03
Pootaardappel	100	Nee	1,96	2,88	0,52	1,58	0,04
Wintergerst	37	Nee	0,12	1,41	0,41	0,42	4,92
Wintertarwe	43	Nee	4,75	4,57	3,95	4,45	33,90
Zomertarwe	41	Nee	4,73	4,31	1,94	3,67	1,11
Zomergerst	36	Nee	19,37	17,14	4,16	13,56	4,64
Rogge	36	Nee	0,98	3,84	0,46	1,23	0,23
Haver	38	Nee	0,89	0,73	0,21	0,62	0,36
Erwten (droog)	40	Nee	0,31	0,71	0,49	0,43	0,20
Voederbieten	120	Nee	0,05	0,25	0,27	0,16	0,18
Zaaiui	20	Nee	0,01	0,13	0,29	0,13	0,72
Cichorei	40	Nee	0,29	0,25	1,35	0,67	0,80
Luzerne	150	Nee	0,03	0,14	0,12	0,08	0,19
Tuinbonen	110	Nee	0,01	0,03	0,64	0,24	0,08
Bospeen	10	Nee	0,03	0,01	0,49	0,20	0,00
Winter/waspeen	40	Nee	0,12	0,09	1,93	0,77	0,09
Bos & Haagplantsoen	20	Nee	0,12	0,43	1,09	0,52	0,07
Laan- en parkbomen	12	Nee	0,01	0,83	2,70	1,12	0,18
Vruchtbomen	16	Nee	0,01	0,15	0,86	0,34	0,06
Rozenstruiken	15	Nee	0,01	0,03	0,71	0,27	0,05
Sierconiferen	24	Nee	0,14	2,09	2,08	1,14	0,14
Sierheesters/klimplanten	16	Nee	0,07	0,66	0,65	0,37	0,04
Vaste planten	10	Nee	0,06	0,25	0,64	0,30	0,04
Braak	40	Nee	3,25	4,49	4,12	3,76	3,72

Bijlage 2A. N-gebruiksnorm op gewasniveau in 2006 (absoluut) en benodigd (korting ten opzichte van 2006 en absoluut) om een nitraatconcentratie van < 11,3 mg per liter te realiseren en de relatieve N-opname hierbij (ten opzichte van adviesbemesting) in regio Noord.

Gewas	Uitspoelings-gevoelig	Gebruiksnorm 2006	Gebruiksnorm		NO ₃ -N (mg/l)	N-opname Relatief
			Absoluut (kg N/ha)	Korting tov 2006 (%)		
Erwten (conserven)	Nee	30	30	0	1,4	1,00
Broccoli	Ja	270	130	52	11,3	0,66
Bloemkool	Ja	230	140	39	11,3	0,76
Spruitkool	Ja	290	270	7	11,3	0,97
Prei	Ja	245	145	41	11,3	0,79
Aardbei	Ja	170	43	75	11,3	0,54
Sluitkool	Ja	320	278	13	11,3	0,95
Knolselderij	Ja	200	124	38	11,3	0,79
Spinazie	Ja	370	174	53	11,3	0,72
Consumptieaardappelen	Ja	265	183	31	11,3	0,83
Chinees kool	Ja	360	266	26	11,3	0,90
Lelie	Ja	155	88	43	11,3	0,76
Tulp	Ja	200	140	30	11,3	0,86
Stamslabonen	Ja	120	118	2	11,3	0,99
Iris	Ja	170	102	40	11,3	0,81
Gladool	Ja	260	208	20	11,3	0,88
Zetmeelaardappel	Ja	240	202	16	11,3	0,92
Kroten	Ja	185	185	0	10,6	1,00
Graszaad	Ja	165	91	45	11,3	0,79
Mais, korrel-	Ja	185	167	10	11,3	0,96
Narcis	Ja	145	117	19	11,3	0,93
Sla	Ja	285	222	22	11,3	0,92
Plantui	Ja	170	109	36	11,3	0,86
Koolzaad	Ja	205	162	21	11,3	0,92
Asperge	Ja	85	85	0	7,4	1,00
Triticale	Ja	160	118	26	11,3	0,90
Bieten, suiker-	Ja	150	150	0	0	1,00
Krokus	Ja	90	74	18	11,3	0,94
Andijvie	Ja	270	270	0	4,0	1,00
Witlof	Nee	100	100	0	12,5	1,00
Schorseneer	Nee	170	170	0	20,9	1,00
Pootaardappel	Nee	120	120	0	6,2	1,00
Wintergerst	Nee	140	140	0	13,5	1,00
Wintertarwe	Nee	190	190	0	6,7	1,00
Zomertarwe	Nee	140	140	0	9,5	1,00
Zomergerst	Nee	90	90	0	5,7	1,00
Rogge	Nee	140	140	0	16,6	1,00
Haver	Nee	100	100	0	7,6	1,00
Erwten (droog)	Nee	30	30	0	6,9	1,00
Voederbieten	Nee	165	165	0	0	1,00
Zaaiui	Nee	120	120	0	9,7	1,00
Cichorei	Nee	70	70	0	6,2	1,00
Luzerne	Nee	10	10	0	0	1,00
Tuinbonen	Nee	75	75	0	1,9	1,00
Bospeen	Nee	50	50	0	12,5	1,00
Winter/waspeen	Nee	110	110	0	2,4	1,00
Bos & Haagplantsoen	Nee	95	95	0	14,0	1,00
Laan- en parkbomen	Nee	95	95	0	12,9	1,00
Vruchtbomen	Nee	85	85	0	7,4	1,00
Rozenstruiken	Nee	70	70	0	9,2	1,00
Sierconiferen	Nee	80	80	0	3,6	1,00
Sierheesters/klimplanten	Nee	75	75	0	9,0	1,00
Vaste planten	Nee	175	175	0	13,9	1,00
Braak	Nee	0	0	0	6,8	1,00

Bijlage 2B. N-gebruiksnorm op gewasniveau in 2006 (absoluut) en benodigd (korting ten opzichte van 2006 en absoluut) om een nitraatconcentratie van < 11,3 mg per liter te realiseren en de relatieve N-opname hierbij (ten opzichte van adviesbemesting) in regio Midden.

Gewas	Uitspoelings-gevoelig	Gebruiksnorm 2006	Gebruiksnorm		NO ₃ -N (mg/l)	N-opname (Relatief)
			Absoluut (kg N/ha)	Korting tov 2006 (%)		
Erwten (conserven)	Nee	30	30	0	1,8	1,00
Broccoli	Ja	270	127	53	11,3	0,65
Bloemkool	Ja	230	136	41	11,3	0,75
Spruitkool	Ja	290	267	8	11,3	0,97
Prei	Ja	245	140	43	11,3	0,78
Aardbei	Ja	170	36	79	11,3	0,52
Sluitkool	Ja	320	275	14	11,3	0,95
Knolselderij	Ja	200	120	40	11,3	0,78
Spinazie	Ja	370	170	54	11,3	0,72
Consumptieaardappelen	Ja	265	180	32	11,3	0,83
Chinees kool	Ja	360	263	27	11,3	0,90
Lelie	Ja	155	85	45	11,3	0,75
Tulp	Ja	200	136	32	11,3	0,85
Stamslabonen	Ja	120	116	3	11,3	0,99
Iris	Ja	170	99	42	11,3	0,80
Gladool	Ja	260	205	21	11,3	0,88
Zetmeelaardappel	Ja	240	199	17	11,3	0,92
Kroten	Ja	185	185	0	10,8	1,00
Graszaad	Ja	165	86	48	11,3	0,78
Mais, korrel-	Ja	185	165	11	11,3	0,95
Narcis	Ja	145	115	21	11,3	0,92
Sla	Ja	285	222	22	11,3	0,93
Plantui	Ja	170	105	38	11,3	0,86
Koolzaad	Ja	205	160	22	11,3	0,91
Asperge	Ja	85	85	0	7,6	1,00
Triticale	Ja	160	115	28	11,3	0,89
Bieten, suiker-	Ja	150	150	0	0	1,00
Krokus	Ja	90	72	20	11,3	0,94
Andijvie	Ja	270	270	0	4,3	1,00
Witlof	Nee	100	100	0	12,7	1,00
Schorseneer	Nee	170	170	0	20,9	1,00
Pootaardappel	Nee	120	120	0	6,6	1,00
Wintergerst	Nee	140	140	0	13,7	1,00
Wintertarwe	Nee	190	190	0	7,0	1,00
Zomertarwe	Nee	140	140	0	9,7	1,00
Zomergerst	Nee	90	90	0	6,0	1,00
Rogge	Nee	140	140	0	16,8	1,00
Haver	Nee	100	100	0	7,8	1,00
Erwten (droog)	Nee	30	30	0	7,2	1,00
Voederbieten	Nee	165	165	0	0	1,00
Zaaiui	Nee	120	120	0	10,0	1,00
Cichorei	Nee	70	70	0	6,5	1,00
Luzerne	Nee	10	10	0	0	1,00
Tuinbonen	Nee	75	75	0	2,2	1,00
Bospeen	Nee	50	50	0	12,6	1,00
Winter/waspeen	Nee	110	110	0	2,8	1,00
Bos & Haagplantsoen	Nee	95	95	0	14,2	1,00
Laan- en parkbomen	Nee	95	95	0	13,1	1,00
Vruchtbomen	Nee	85	85	0	7,6	1,00
Rozenstruiken	Nee	70	70	0	9,4	1,00
Sierconiferen	Nee	80	80	0	4,0	1,00
Sierheesters/klimplanten	Nee	75	75	0	9,3	1,00
Vaste planten	Nee	175	175	0	14,0	1,00
Braak	Nee	0	0	0	7,1	1,00

Bijlage 2C. N-gebruiksnorm op gewasniveau in 2006 (absoluut) en benodigd (korting ten opzichte van 2006 en absoluut) om een nitraatconcentratie van < 11,3 mg per liter te realiseren en de relatieve N-opname hierbij (ten opzichte van adviesbemesting) in regio Zuid.

Gewas	Uitspoelings-gevoelig	Gebruiksnorm 2006	Gebruiksnorm		NO ₃ -N (mg/l)	N-opname Relatief (%)
			Absoluut (kg N/ha)	Korting tov 2006 (%)		
Erwten (conserven)	Nee	30	30	0	4,7	1,00
Broccoli	Ja	270	100	63	11,3	0,58
Bloemkool	Ja	230	110	52	11,3	0,68
Spruitkool	Ja	290	241	17	11,3	0,94
Prei	Ja	245	115	53	11,3	0,72
Aardbei	Ja	170	24	86	11,3	0,48
Sluitkool	Ja	320	250	22	11,3	0,91
Knolselderij	Ja	200	96	52	11,3	0,71
Spinazie	Ja	370	148	60	11,3	0,68
Consumptieaardappelen	Ja	265	151	43	11,3	0,76
Chinees kool	Ja	360	241	33	11,3	0,88
Lelie	Ja	155	64	59	11,3	0,67
Tulp	Ja	200	112	44	11,3	0,79
Stamslabonen	Ja	120	92	23	11,3	0,91
Iris	Ja	170	78	54	11,3	0,74
Gladool	Ja	260	172	34	11,3	0,80
Zetmeelaardappel	Ja	240	170	29	11,3	0,86
Kroten	Ja	185	161	13	11,3	0,94
Graszaad	Ja	165	68	59	11,3	0,73
Mais, korrel-	Ja	185	137	26	11,3	0,89
Narcis	Ja	145	93	36	11,3	0,86
Sla	Ja	285	200	30	11,3	0,90
Plantui	Ja	170	87	49	11,3	0,82
Koolzaad	Ja	205	137	33	11,3	0,87
Asperge	Ja	85	85	0	10,5	1,00
Triticale	Ja	160	94	41	11,3	0,84
Bieten, suiker-	Ja	150	150	0	2,8	1,00
Krokus	Ja	90	54	40	11,3	0,86
Andijvie	Ja	270	270	0	7,2	1,00
Witlof	Nee	100	100	0	15,5	1,00
Schorseneer	Nee	170	170	0	23,8	1,00
Pootaardappel	Nee	120	120	0	9,4	1,00
Wintergerst	Nee	140	140	0	16,6	1,00
Wintertarwe	Nee	190	190	0	9,9	1,00
Zomertarwe	Nee	140	140	0	12,6	1,00
Zomergerst	Nee	90	90	0	8,9	1,00
Rogge	Nee	140	140	0	19,7	1,00
Haver	Nee	100	100	0	10,7	1,00
Erwten (droog)	Nee	30	30	0	10,0	1,00
Voederbieten	Nee	165	165	0	0	1,00
Zaaiui	Nee	120	120	0	12,9	1,00
Cichorei	Nee	70	70	0	9,3	1,00
Luzerne	Nee	10	10	0	0	1,00
Tuinbonen	Nee	75	75	0	5,1	1,00
Bospeen	Nee	50	50	0	15,5	1,00
Winter/waspeen	Nee	110	110	0	5,6	1,00
Bos & Haagplantsoen	Nee	95	95	0	17,1	1,00
Laan- en parkbomen	Nee	95	95	0	15,9	1,00
Vruchtbomen	Nee	85	85	0	10,5	1,00
Rozenstruiken	Nee	70	70	0	12,3	1,00
Sierconiferen	Nee	80	80	0	6,8	1,00
Sierheesters/klimplanten	Nee	75	75	0	12,1	1,00
Vaste planten	Nee	175	175	0	16,9	1,00
Braak	Nee	0	0	0	10,0	1,00

Bijlage 2D. N-gebruiksnorm op gewasniveau in 2006 (absoluut) en benodigd (korting ten opzichte van 2006 en absoluut) om een nitraatconcentratie van < 11,3 mg per liter te realiseren en de relatieve N-opname hierbij (ten opzichte van adviesbemesting) in totale zandgebied (Samen).

Gewas	Uitspoelings-gevoelig	Gebruiksnorm 2006	Gebruiksnorm		NO ₃ -N (mg/l)	N-opname Relatief
			Absoluut (kg N/ha)	Korting tov 2006 (%)		
Erwten (conserven)	Nee	30	30	0	2,8	1,00
Broccoli	Ja	270	116	57	11,3	0,62
Bloemkool	Ja	230	127	45	11,3	0,72
Spruitkool	Ja	290	258	11	11,3	0,96
Prei	Ja	245	130	47	11,3	0,75
Aardbei	Ja	170	34	80	11,3	0,51
Sluitkool	Ja	320	266	17	11,3	0,93
Knolselderij	Ja	200	110	45	11,3	0,75
Spinazie	Ja	370	163	56	11,3	0,70
Consumptieaardappelen	Ja	265	170	36	11,3	0,80
Chinees kool	Ja	360	252	30	11,3	0,89
Lelie	Ja	155	78	50	11,3	0,72
Tulp	Ja	200	128	36	11,3	0,83
Stamslabonen	Ja	120	107	11	11,3	0,96
Iris	Ja	170	90	47	11,3	0,77
Gladool	Ja	260	190	27	11,3	0,84
Zetmeelaardappel	Ja	240	187	22	11,3	0,89
Kroten	Ja	185	178	4	11,3	0,98
Graszaad	Ja	165	79	52	11,3	0,76
Mais, korrel-	Ja	185	154	17	11,3	0,93
Narcis	Ja	145	106	27	11,3	0,89
Sla	Ja	285	214	25	11,3	0,92
Plantui	Ja	170	99	42	11,3	0,84
Koolzaad	Ja	205	152	26	11,3	0,90
Asperge	Ja	85	85	0	8,7	1,00
Triticale	Ja	160	107	33	11,3	0,87
Bieten, suiker-	Ja	150	150	0	0,9	1,00
Krokus	Ja	90	65	28	11,3	0,91
Andijvie	Ja	270	270	0	5,4	1,00
Witlof	Nee	100	100	0	13,9	1,00
Schorseneer	Nee	170	170	0	22,3	1,00
Pootaardappel	Nee	120	120	0	7,6	1,00
Wintergerst	Nee	140	140	0	14,9	1,00
Wintertarwe	Nee	190	190	0	8,1	1,00
Zomertarwe	Nee	140	140	0	10,9	1,00
Zomergerst	Nee	90	90	0	7,1	1,00
Rogge	Nee	140	140	0	18,0	1,00
Haver	Nee	100	100	0	8,9	1,00
Erwten (droog)	Nee	30	30	0	8,3	1,00
Voederbieten	Nee	165	165	0	0	1,00
Zaaiui	Nee	120	120	0	11,1	1,00
Cichorei	Nee	70	70	0	7,5	1,00
Luzerne	Nee	10	10	0	0	1,00
Tuinbonen	Nee	75	75	0	3,2	1,00
Bospeen	Nee	50	50	0	13,8	1,00
Winter/waspeen	Nee	110	110	0	3,8	1,00
Bos & Haagplantsoen	Nee	95	95	0	15,4	1,00
Laan- en parkbomen	Nee	95	95	0	14,3	1,00
Vruchtbomen	Nee	85	85	0	8,7	1,00
Rozenstruiken	Nee	70	70	0	10,6	1,00
Sierconiferen	Nee	80	80	0	5,0	1,00
Sierheesters/klimplanten	Nee	75	75	0	10,4	1,00
Vaste planten	Nee	175	175	0	15,3	1,00
Braak	Nee	0	0	0	8,2	1,00

Bijlage 2E. N-gebruiksnorm op gewasniveau in 2006 (absoluut) en benodigd (korting ten opzichte van 2006 en absoluut) om een nitraatconcentratie van < 11,3 mg per liter te realiseren en de relatieve N-opname hierbij (ten opzichte van adviesbemesting) in regio Löss.

Gewas	Uitspoelings-gevoelig	Gebruiksnorm 2006	Gebruiksnorm		NO ₃ -N (mg/l)	N-opname Relatief
			Absoluut (kg N/ha)	Korting tov 2006 (%)		
Erwten (conserven)	Nee	30	30	0	4,0	1,00
Broccoli	Ja	270	86	68	11,3	0,53
Bloemkool	Ja	230	94	59	11,3	0,62
Spruitkool	Ja	290	232	20	11,3	0,92
Prei	Ja	245	103	58	11,3	0,68
Aardbei	Ja	170	15	91	11,3	0,43
Sluitkool	Ja	320	240	25	11,3	0,89
Knolselderij	Ja	200	84	58	11,3	0,67
Spinazie	Ja	370	130	65	11,3	0,63
Consumptieaardappelen	Ja	265	156	41	11,3	0,78
Chinees kool	Ja	360	227	37	11,3	0,85
Lelie	Ja	155	53	66	11,3	0,62
Tulp	Ja	200	102	49	11,3	0,75
Stamslabonen	Ja	120	84	30	11,3	0,88
Iris	Ja	170	66	61	11,3	0,69
Gladool	Ja	260	159	39	11,3	0,76
Zetmeelaardappel	Ja	240	158	34	11,3	0,82
Kroten	Ja	185	152	18	11,3	0,92
Graszaad	Ja	165	56	66	11,3	0,67
Mais, korrel-	Ja	185	128	31	11,3	0,86
Narcis	Ja	145	83	43	11,3	0,81
Sla	Ja	285	188	34	11,3	0,87
Plantui	Ja	170	77	55	11,3	0,77
Koolzaad	Ja	205	127	38	11,3	0,83
Asperge	Ja	85	85	0	11,1	1,00
Triticale	Ja	160	118	26	11,3	0,91
Bieten, suiker-	Ja	150	150	0	1,7	1,00
Krokus	Ja	90	47	48	11,3	0,83
Andijvie	Ja	270	270	0	7,0	1,00
Witlof	Nee	100	100	0	17,3	1,00
Schorseneer	Nee	170	170	0	27,4	1,00
Pootaardappel	Nee	120	120	0	9,8	1,00
Wintergerst	Nee	140	140	0	13,0	1,00
Wintertarwe	Nee	190	190	0	17,4	1,00
Zomertarwe	Nee	140	140	0	10,1	1,00
Zomergerst	Nee	90	90	0	7,5	1,00
Rogge	Nee	140	140	0	18,4	1,00
Haver	Nee	100	100	0	6,4	1,00
Erwten (droog)	Nee	30	30	0	10,5	1,00
Voederbieten	Nee	165	165	0	0	1,00
Zaaiui	Nee	120	120	0	14,0	1,00
Cichorei	Nee	70	70	0	9,6	1,00
Luzerne	Nee	10	10	0	0	1,00
Tuinbonen	Nee	75	75	0	4,5	1,00
Bospeen	Nee	50	50	0	17,2	1,00
Winter/waspeen	Nee	110	110	0	5,2	1,00
Bos & Haagplantsoen	Nee	95	95	0	19,1	1,00
Laan- en parkbomen	Nee	95	95	0	17,7	1,00
Vruchtbomen	Nee	85	85	0	11,1	1,00
Rozenstruiken	Nee	70	70	0	13,3	1,00
Sierconiferen	Nee	80	80	0	6,6	1,00
Sierheesters/klimplanten	Nee	75	75	0	13,1	1,00
Vaste planten	Nee	175	175	0	18,9	1,00
Braak	Nee	0	0	0	10,5	1,00

Bijlage 3A Gehanteerde opbrengstniveaus en stikstof- en fosfaatgehalten bij akkerbouwgewassen

Gewas	Hoofdproduct			Stro/hooi		
	Opbrengst (kg/ha)	N-gehalte (g/kg)	P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	Opbrengst (kg/ha)	N-gehalte (g/kg)	P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)
Consumptieaardappel	50000	3,3	1,1			
Pootaardappelen	25000	3,0	0,9			
Zetmeelaardappelen	45000	3,7	0,9			
Suikerbieten	63000	1,8	0,9			
Cichorei	46000	1,6	0,7			
Voederbieten	80000	1,9	0,5			
Wintertarwe	7800/9000 ¹	20,0	7,8	4400	5,8	1,6
Zomertarwe	6400/7400 ¹	19,0	7,8	3600	5,8	1,6
Wintergerst	5900/7600 ¹	17,0	8,0	3200	5,4	2,1
Zomergerst	6000/6500 ¹	15,0	8,0	3200	5,4	2,1
Triticale	5600/7100 ¹	17,0	7,6	4200	5,8	1,6
Rogge	5500/6800 ¹	14,9	7,3	4300	3,8	1,8
Haver	5400/6800 ¹	17,9	7,6	3600	5,0	2,1
Mais, korrel	10700	10,6	5			
Luzerne	70000	5,8	1,4			
Graszaad	1500	21,0	10,1	6000	7,2	3,7
Zaaiui	55000	2,2	0,7			
Plantui	50000	2,2	0,7			
Koolzaad, winter	3600	35,0	15,1	3000	6,0	3,0

¹ opbrengst voor respectievelijk zand en löss

Bijlage 3B Gehanteerde opbrengstniveaus en stikstof- en fosfaatgehalten bij vollegrondsgroentegewassen

Gewas	Verse opbrengst		N-gehalte (g/kg)	P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)
	1 ^e teelt (kg/ha)	2 ^e teelt (kg/ha)		
Spinazie	24000	24000	3,5	0,9
Sla	35000	37000	1,5	0,5
Andijvie	45000	45000	2,5	0,7
Prei	35000		3,0	0,9
Spruitkool	22000		5,5	2,1
Witte kool	82000 ¹		1,9	0,7
Bloemkool	26000		2,6	0,9
Broccoli	10000		4,7	1,3
Chinese kool	40000	40000	1,5	0,9
Aardbei	17000		1,2	0,7
Stam/stokboon, vers	12500		3,6	1,1
Tuinbonen, verse markt	16500		10,0	3,0
Erwt, vers	5800		10	2,9
Erwt, rijp zaad	4900		34,6	9,4
Asperge	6000		3,5	0,9
Knolselderij	50000		2,0	1,6
Kroten/rode bieten	55000		2,0	0,9
Peen, winter/was	85000		1,6	0,7
Peen, bos	30000		1,5	0,7
Schorseneer	22000		3,5	1,6
Witlof	28000		2,3	1,4

Bijlage 3C Gehanteerde opbrengstniveaus en stikstof- en fosfaatgehalten bij bloembolgewassen.

Gewas	Opbrengst (kg/ha)	N-gehalte (g/kg)	P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)
Lelie	26400	2,6	1,1
Tulp	32300	3,5	0,9
Iris	22200	4,0	1,5
Gladiool	37800	3,9	1,7
Narcis	28600	2,8	1,1
Krokus	17600	3	1,7

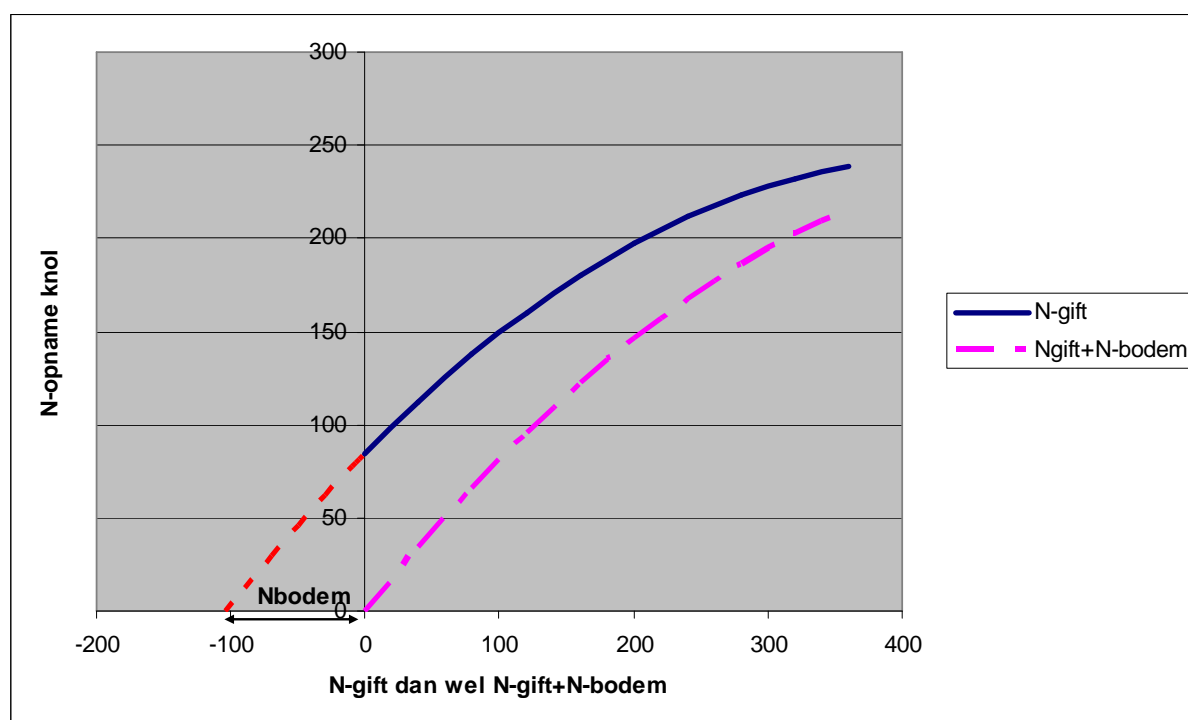
Bijlage 3D Gehanteerde niveaus voor stikstof- en fosfaatafvoer met geoogst product bij boomteeltgewassen

Gewas	N-afvoer (kg/ha)	P205-afvoer (kg/ha)
Bos- en haagplantsoen	70	50
Laan- en parkbomen	85	25
Vruchtbomen	105	35
Rozenstruiken	80	25
Sierconiferen	115	35
Sierheesters en klimplanten	85	35
Vaste planten	160	55

Bijlage 4 Gehanteerde werkwijze bij berekening N-opname in geoogst product van akker- en tuinbouwgewassen in relatie tot aanbod werkzame N.

Wanneer niet meer volgens advies kan worden bemest is een lagere N-opname ingerekend. Hierbij is zoveel mogelijk gebruikt gemaakt van gewasspecifieke responscurves zoals uitgewerkt in Van Dijk et al. (2007b). Deze curves zijn echter gebaseerd op werkzame N uit meststoffen als verklarende variabele. Om ze te kunnen gebruiken voor onderhavige studie moeten deze eerst worden gecorrigeerd voor de bijdrage van gewasresten, nawerking organische mest, depositie en $N_{min,voorjaar}$ (hierna aangeduid als bodemlevering). Hierbij is de volgende werkwijze gehanteerd (zie ter illustratie Figuur 1):

- Uitgangspunt is de responscurve (tweedegraads polynoom) met werkzame N uit meststoffen als x-waarde (blauwe getrokken lijn in Figuur 1).
- Vervolgens is de bodemlevering (' N_{bodem} ', inclusief de N die een bodem vanuit atmosferische depositie bevat) bepaald door het snijpunt met de x-as te berekenen. Deze hoeveelheid is opgeteld bij de hoeveelheid werkzame N uit meststoffen (N_{gift}). Dit geeft de totale hoeveelheid werkzame N ($N_{gift} + N_{bodem}$) die vervolgens weer is uitgezet tegen de N-opname (paarse onderbroken lijn, curve loopt nu door de oorsprong). De beide curves lopen niet parallel, omdat ze uiteindelijk beide bij eenzelfde maximale N-opname (plateau) uitkomen.



Figuur 1. Relatie tussen de N-gift dan wel de som van de N-gift en de N die de bodem levert enerzijds, en de N-opname in de vorm van knollen bij aardappelen anderzijds.

De N-opname bij de op deze wijze verkregen curves wijkt meestal af van de standaard N-opname (standaardopbrengst volgens KWIN*forfaitair N-gehalte) bij adviesbemesting. Daarom is ervoor gekozen om met behulp van de curves een *relatieve* afname van de N-opname te berekenen ($N_{opname,act}/N_{opname,adv}$) en deze vervolgens toe te passen op de standaard N-opname. In onderstaand kader is ter illustratie een rekenvoorbeeld weergegeven.

Rekenvoorbeeld berekening N-opname via responscurve

Stel een gewas met een gebruiksnorm 2006 van 230 kg N per ha. De bodemlevering bedraagt 100 kg N per ha wanneer alle gewassen volgens advies kunnen worden bemest (N_{bodem,adv}). De standaard N-opbrengst bedraagt 165 kg N per ha (KWIN-opbrengst*standaard N-gehalte). De N-opname wordt beschreven met de volgende curve: $N_{opname} = 0,9 * N_{werkz} - 0,001 * N_{werkz} * N_{werkz}$

Om op bouwplanniveau te voldoen aan de nitraatnorm mag er via meststoffen niet meer dan 190 kg werkzame N per ha worden toegediend aan dit gewas. De bodemlevering bedraagt in die situatie 90 kg N per ha (N_{bodem,act}). Uiteraard kunnen de zojuist genoemde waarden pas worden berekend als de actuele N-opname bekend is (ze zijn van elkaar afhankelijk). In het model gebeurt dit via iteratie.

Eerst wordt de **reductiefactor N-opname (RV,Nopn)** berekend met behulp van de responscurve bij zowel N_{werkz,adv} (230+100=330) als bij N_{werkz,act} (190+90=280):

- $N_{opn,adv} = 0,9 * 330 - 0,001 * 330 * 330 = 188$
- $N_{opn,act} = 0,9 * 280 - 0,001 * 280 * 280 = 174$
- $RV, Nopn = 174 / 188 = 0,93$

Vervolgens wordt de **actuele N-opname** berekend via:

$$N_{opn,act} = 0,93 * 165 = 153 \text{ kg N per ha}$$

Niet voor alle gewassen zijn responscurves beschikbaar. Deze gewassen zijn gekoppeld aan vergelijkbare gewassen, waarvan wel een curve beschikbaar was (Tabel 1).

Tabel 1. **Responscurves: Koppeling gewassen.**

Gewassen met bekende curve	Gekoppelde gewassen
Aardappel	Pootaardappel, boomteeltgewassen, stamslaboon, tuinbonen, erwten, luzerne
Suikerbiet	Voederbiet
Wintertarwe	Triticale Winterrogge, wintergerst, koolzaad, graszaad
Zomergerst	Zomertarwe, haver
Zaaiui	Plantui
Sluitkool	Spruitkool
Bloemkool	Broccoli
Prei	
IJssla	Spinazie, Chinese kool, andijvie
Knolselderij	Kroten
Winterpeen	Bospeen, witlof, asperge, schorseneer, cichorei
Tulp	Krokus, Narcis, Iris
Lelie	Gladiol

Een curve van een bepaald gewas kan niet rechtstreeks worden gebruikt voor een ander gewas. Dit komt omdat de schaal van zowel de x-as (N-aanbod) als de y-as (N-opname) gewasspecifiek is. Via onderstaand getallenvoorbeeld (zie kader) is geïllustreerd hoe de respons van de gekoppelde gewassen wordt berekend.

Rekenvoorbeeld koppeling responscurves

Stel gewas A (geen curve bekend) wordt gekoppeld aan gewas B met bekende curve:

$$\text{Nopn} = 0,9 * \text{Nwerkz} - 0,001 * \text{Nwerkz} * \text{Nwerkz}$$

De gebruiksnorm 2006 bedraagt 150 en 230 kg N per ha voor respectievelijk gewas A en B. De bodemlevering bedraagt 100 kg N per ha wanneer alle gewassen volgens advies kunnen worden bemest (Nbodem,adv). De standaard N-opbrengst bedraagt 90 kg N per ha (KWIN-opbrengst*standaard N-gehalte) voor gewas A. Om op bouwplanniveau te voldoen aan de nitraatnorm mag er via meststoffen niet meer dan 120 kg werkzame N per ha worden toegediend aan gewas A. De bodemlevering bedraagt in die situatie 90 kg N per ha (Nbodem,act). Ook hier geldt weer dat de zojuist genoemde waarden pas kunnen worden berekend als de actuele N-opname bekend is (ze zijn van elkaar afhankelijk). In het model gebeurt dit via iteratie.

Eerst wordt de **reductiefactor N-aanbod** bij gewas A berekend volgens:

- $\text{Nwerkz,A,adv} = (\text{Gebruiksnorm2006,A} + \text{Nbodem,advies}) = 150 + 100 = 250 \text{ kg N/ha}$
- $\text{Nwerkz,A,act} = (\text{Nwerkz,A,act} + \text{Nbodem,act}) = 120 + 90 = 210 \text{ kg N/ha}$
- $\text{RV,Naanb,A} = (\text{Nwerkz,A,act} / \text{Nwerkz,A,adv}) = 210 / 250 = 0,84$

Vervolgens wordt de **reductiefactor N-opname** berekend met behulp van curve van gewas B bij zowel Nwerkz,adv ($230 + 100 = 330$) als bij Nwerkz,act ($0,84 * 330 = 277$). Bij laatstgenoemde wordt dus de factor 0,84 gebruikt van gewas A.

$$\text{Nopn,B,adv} = 0,9 * 330 - 0,001 * 330 * 330 = 188$$

$$\text{Nopn,B,act} = 0,9 * 277 - 0,001 * 277 * 277 = 173$$

$$\text{RV,Nopn,B} = 173 / 188 = 0,92$$

Tenslotte wordt de **actuele N-opname** van gewas A berekend via:

$$\text{Nopn,A,act} = 0,92 * 90 = 83 \text{ kg N per ha}$$

Bijlage 5. Gemiddelde, mediaan, standaarddeviatie, 10/20/80/90-percentielwaarden en gemiddelde van alle waarnemingen kleiner en hoger dan 80-percentielwaarde van fysieke gewasopbrengst (ton per ha) voor gangbaar geteelde akkerbouwgewassen op BIN-bedrijven met zand of klei als hoofdgrondsoort, oogstjaren 2001-2005 (Bron: LEI).

	Hoofd- grond- soort	Aantal waarne- mingen	Gem	Mediaan	Standaard deviatie	10%- perc	20%- perc	80%- perc	90%- perc	Gem 0-80%	Gem 80-100%	Gem 0-80% rel ¹	Gem 80-100% rel ¹
consumptie aardappel	zand	125	49,6	50,6	9,6	36,3	40,4	58,1	61,3	46,5	62,0	0.94	1.25
consumptie aardappel	klei	289	47,2	47,7	10,7	32,9	38,0	55,9	60,1	43,6	61,8	0.92	1.31
Pootaardappel	zand	115	24,8	25,0	3,7	20,1	21,5	27,7	30,2	23,5	30,3	0.95	1.22
Pootaardappel	klei	467	36,7	36,5	6,9	28,2	30,4	42,8	46,1	34,2	46,6	0.93	1.27
Zetmeelaardappel	zand	127	41,9	42,0	5,4	34,7	36,5	46,7	49,8	40,0	49,5	0.95	1.18
Suikerbiet	zand	299	60,2	59,6	8,7	49,1	52,0	68,5	71,7	57,1	72,6	0.95	1.21
Suikerbiet	klei	381	67,8	68,3	9,0	56,3	60,1	75,8	80,4	64,6	80,7	0.95	1.19
Graszaad	zand	55	1,4	1,4	0,4	0,8	1,0	1,8	2,0	1,2	o.w. ²	0.86	o.w. ²
Graszaad	klei	186	1,5	1,5	0,4	0,9	1,1	1,8	2,1	1,4	2,1	0.93	1.40
Wintertarwe	zand	32	7,8	8,0	1,4	5,6	6,6	8,8	9,4	7,4	o.w. ²	0.95	o.w. ²
Wintertarwe	klei	171	9,3	9,4	1,1	7,8	8,3	10,2	10,7	8,9	10,8	0.96	1.16
Zomergerst	zand	150	6,1	6,1	0,9	4,8	5,3	6,9	7,2	5,8	7,3	0.95	1.20
Zomergerst	klei	134	6,5	6,4	1,2	4,9	5,6	7,5	8,0	6,1	8,1	0.94	1.25
Zaaiui	klei	185	56,3	55,8	13,4	38,2	45,2	68,5	74,0	51,4	75,7	0.91	1.34
Gem, zand												0.95 ³	1.21 ³
Gem, klei												0.94	1.27

1 relatief ten opzichte van gemiddelde alle waarnemingen

2 o.w. = onvoldoende waarnemingen

3 exclusief graszaad en wintertarwe

Bij het gebruik van de gegevens uit bovenstaande Tabel moeten de volgende opmerkingen worden gemaakt:

- Er is alleen een gemiddelde berekend, indien er minimaal 15 waarnemingen beschikbaar waren.
- Er heeft geen weging plaatsgevonden van de waarnemingen voor het aantal bedrijven dat elk BIN steekproefbedrijf vertegenwoordigt en de oppervlakte grond die bij de betreffende waarneming hoort. Een relatief hoge opbrengst op een bedrijf met 40 ha suikerbieten telt net zo zwaar mee als een relatief lage opbrengst op een bedrijf met 4 ha suikerbieten.
- Bij de berekening van de gemiddelde opbrengstniveaus voor Laag en Hoog is geen rekening gehouden met de bedrijven waarop de opbrengsten zijn gerealiseerd. Zo is bijvoorbeeld bij consumptieaardappelen op zand het gemiddelde van Hoog gebaseerd op 25 hoogst gemeten opbrengsten (20% van 125 waarnemingen). Deze 25 waarnemingen zijn afkomstig van 14 bedrijven, het gemiddelde is dus gebaseerd op meerdere waarnemingen van eenzelfde bedrijf. Een andere insteek kan zijn om eerst per bedrijf (in het voorbeeld van consumptieaardappelen ging het om 40 bedrijven) de hoogste opbrengst te bepalen (in de periode 2001-2005) en vervolgens van deze 40 waarnemingen de verdeling vast te stellen. Het gemiddelde opbrengstniveau Hoog volgt dan uit het gemiddelde van de 8 (20% van 40) hoogste bedrijfsmaxima. Het nadeel van deze werkwijze is dat er meer waarnemingen nodig zijn om te voldoen aan de eis van minimaal 15 waarnemingen per gemiddelde.